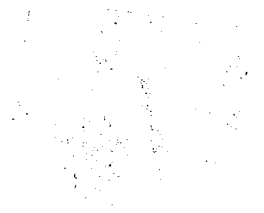


97

5/19/98





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

477

## PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES



DEPTO. DE PASANTES Y  
EXAMENES PROFESIONALES  
FAC. DE QUIMICA

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A

**María Teresa Pérez Carbajal y Campuzano**

MEXICO, D. F.

1980

Jurado asignado originalmente según el tema :

Presidente: Prof. EDUARDO ROJO Y DE REGIL  
Vocal: Prof. CLAUDIO A. AGUILAR MARTINEZ  
Secretario: Prof. JOSE ANTONIO ORTIZ RAMIREZ  
1er. Suplente: Prof. ENRIQUE BRAVO MEDINA  
2do. Suplente: Prof. OSCAR ROLANDO MARTIARENA

Sitio donde se desarrolló el tema :

INSTITUTO MEXICANO DEL PETROLEO

Sustentante :

  
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

Asesor del tema :

  
ING. JOSE ANTONIO ORTIZ RAMIREZ

A mis padres: Arturo y Ma. Teresa

A mis hermanos: Silvia, Arturo e Hilda

A Juan Antonio

Al Ing. José Antonio Ortíz Ramírez

---

A La Universidad.

A todas las personas que contribuyeron  
en una u otra forma a la realización y  
presentación de este trabajo.

# I N D I C E

PAGINA

1.	Introducción	1
2.	Conceptos Generales	9
2.1	Transferencia de calor	9
2.2	Características del vapor	13
2.2.1	Calidad del vapor	13
2.2.2	Vapor saturado	13
2.2.3	Vapor sobrecalentado	14
2.2.4	Vapor recalentado	15
3.	<i>MAN 12</i> <i>NEE 700</i> L ✓ Descripción de Calderas Acuotubulares	16
3.1	L Aplicaciones ✓	
3.2	F Tipos de calderas acuotubulares ✓	16
3.2.1	Calderas paquete	25
3.2.2	Calderas de erección en campo	29
3.2.3	F Criterios de selección y diseño ✓	30
3.3	Partes integrantes de la caldera ✓	35
3.3.1	M / Hogar	35
3.3.2	M Quemadores	36
3.3.3	M Tubos pantalla	36
3.3.4	M Sobrecalentador	39
3.3.5	M Atemperador o desobrecalentador	43
3.3.6	M Banco generador	43
3.3.7	M Domos	46
3.3.8	M Equipos de recuperación de calor	47
3.3.9	M Sopladores de hollín	53
3.3.10	M Ventiladores	56
3.3.11	M Chimenea	56
3.3.12	M Acabado	58
4.	Procedimiento de Adquisición de Calderas y Tabulación de Cotizaciones	59
4.1	Generalidades	59
4.2	Optimización del sistema de generación de vapor	59



4.3	Elaboración del paquete de requisición	59
4.3.1	Lista de proveedores	60
4.3.2	Hoja de datos	60
4.3.3	Requisición	61
4.3.4	Especificación general	62
4.3.5	Requisitos específicos	63
4.3.6	Cuestionario comercial	63
4.4	Evaluación técnica y económica	63
4.5	Tabulación de cotizaciones	65
4.5.1	Tabulación técnica	65
4.5.2	Tabulación comercial	66
4.6	Orden de compra	67
5.	Evaluación Técnica	87
5.1	Evaluación térmica	87
5.2	Evaluación mecánica	120
6.	Evaluación Económica	122
6.1	Generalidades	122
6.2	Clasificación de costos	122
6.3	Criterios de desición y bases de comparación	123
6.4	Valor presente	124
6.5	Comparación de alternativas	124
6.6	Método de cálculo para los diferentes conceptos	125
6.6.1	Precio total	125
6.6.2	Costos fijos anuales	126
6.6.3	Costos de operación anual	127
6.6.4	Costos totales anuales	128
6.6.5	Valor presente	128
7.	Ejemplo Práctico	129
	Conclusiones y Recomendación	196
	Nomenclatura	201
	Bibliografía	207

## 1. INTRODUCCION

Con la mecanización de la industria ocurrida durante la revolución industrial en los siglos XVIII y XIX en Inglaterra, el desarrollo de la química, la explotación del petróleo, la investigación y aplicación de tecnología cada vez -- más compleja y eficiente, el hombre ha conseguido suplir sus necesidades y -- darse satisfactores, servicios y comodidades que han generado una gran diver -- sidad de herramientas y sistemas de transformación de los materiales disponi -- bles en la naturaleza en productos terminados. En el campo de la Ingeniería Química existen dos grandes ramas de transformación; cuando ésta es sólo en apariencia, sin que afecte la estructura íntima de la materia, a lo que se le llama el campo de las operaciones unitarias, y el caso en el que se requiere modificar la estructura íntima de la materia que corresponde al campo de los procesos unitarios. Generalmente es necesario combinar estas dos áreas en -- la consecución de el producto o productos deseados, generando condiciones artificiales propias a la transformación y que implican cambios de presión, -- temperatura y concentración entre otras variables y que deberán definirse a -- través de un estudio termodinámico que sea factible reproducirse a escala in -- dustrial. Una vez que se ha definido el proceso para la obtención de un pro -- ducto determinado, el análisis de cada parte del proceso y las operaciones -- unitarias, permitirá al diseñador del proceso efectuar los balances de materia y energía, así como determinar las condiciones de operación en cada parte -- del proceso, ésto dará la pauta para determinar los requerimientos de servi --

cio de soporte necesarios como lo es energía eléctrica, térmica e hidráulica y las fuentes de éstas. Esto a su vez permite especificar los campos de transformación de energía y los equipos de transferencia de la energía al proceso.

El especialista en el área de diseño, evaluación y adquisición del equipo de transferencia de calor dispone entonces de las características iniciales de la corriente y de las condiciones finales deseadas, asimismo, de la información del medio que va a ceder o absorber la energía requerida, y su función será determinar las dimensiones, geometría y disposición de flujos de las corrientes de un equipo que cumpla el servicio de una manera eficiente, económica y que considere los requerimientos de fabricación, transporte, instalación, operación y mantenimiento. Esto implica el establecimiento de criterios de diseño, de observación de códigos y estándares así como de especificaciones de ingeniería y de la interrelación de las áreas mencionadas anteriormente.

El diseñador dispone de una amplia gama de variables tanto del proceso como de la geometría del equipo, que tendrá que conjugar para dar el servicio, - los métodos de diseño son por lo tanto muy complejos y el criterio del diseñador muy importante.

En estas condiciones el diseñador del equipo deberá efectuar los balances de materia y energía para el servicio requerido que le permitan determinar gastos, temperaturas y carga térmica por remover o suministrar en el equipo (ver Figura No. 1).

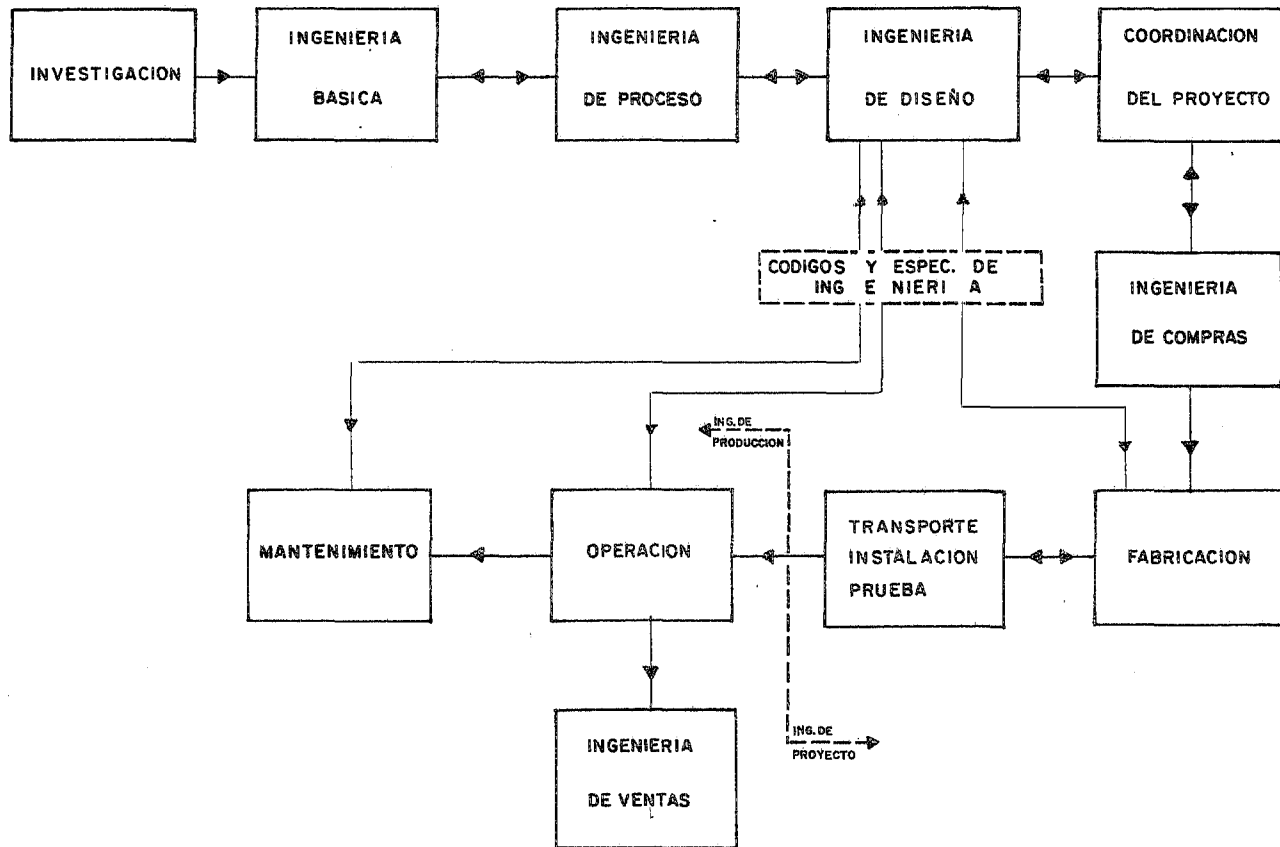


FIGURA No. 1.—AREAS DE LA INGENIERIA EN EL DESARROLLO DE UN PROYECTO INDUSTRIAL Y SU RELACION CON LA INGENIERIA DE PRODUCCION.

Uno de los equipos de mayor importancia en el área de transferencia de calor es la caldera acuotubular, cuyas aplicaciones se encuentran en las plantas de generación de potencia y en las plantas industriales para el suministro de vapor motriz en turbinas y eyectores, y vapor de calentamiento para equipo de intercambio térmico.

Con el fin de resaltar la importancia de las calderas acuotubulares en la industria de refinación y petroquímica, conviene señalar que el rango de capacidad varía entre 100 y 800 ton/h de generación de vapor, lo que representa entre 12,000 y 300,000 Kw de generación de potencia. Las cifras anteriores implican una inversión inicial entre 30 y 150 millones de pesos y costos anuales por consumo de combustible entre 20 y 200 millones de pesos. Aunado a lo anterior es muy importante señalar la repercusión que tendrá un paro de la caldera debido a problemas en su operación, sobre las plantas a las cuales proporciona las necesidades de energía para mantener su producción. El paro de un día en cualquiera de las plantas de un complejo industrial representa cuantiosas pérdidas, que en la mayoría de los casos alcanzan órdenes de magnitud entre un 15 y un 100% de la inversión inicial de la caldera.

Dada esta importancia del equipo es necesario efectuar meticulosamente cada una de las fases mostradas en la Figura No. 1, ya que una falla en cualquiera de las actividades ocasiona pérdidas por varios millones de pesos.

En el caso de una caldera acuotubular, en lo relacionado con la Ingeniería -

de Compras es necesario establecer detalladamente los pasos mínimos para - realizar esta actividad. Hasta la fecha, la Ingeniería de Compras de las calderas, en la mayoría de las firmas de ingeniería en México, se ha venido realizando desde el punto de vista económico y comercial descuidando los aspectos técnicos y como consecuencia la interrelación de éstos con los económicos y comerciales.

Lo anterior se ha debido, entre otras causas, a la carencia de procedimientos de cálculo para efectuar la evaluación técnica y a la falta de establecimiento de criterios para cuantificar los incumplimientos de las propuestas de los fabricantes invitados a concursar.

De acuerdo con lo anteriormente expuesto, este trabajo tiene como objetivo primordial proponer un procedimiento de evaluación técnica, económica y comercial que satisfaga las necesidades en el área de Ingeniería de Compras de una caldera acuotubular y por supuesto si cumple en operación con las condiciones de presión, temperatura y flujo de vapor para los cuales fue diseñada con un mantenimiento mínimo.

TABLA 1

PROPIEDADES DEL VAPOR Y AGUA SATURADOS (TEMP)

Temp F	P Psia	Vol, ft <sup>3</sup> /lb			Entalpia BTU/lb			Entropia, BTU/lb x F			Temp F
		Agua	Evap	Vap	Agua	Evap	Vap	Agua	Evap	Vap	
32	0.08859	0.01602	3305	3305	-0.02	1075.5	1075.5	0.0000	2.1873	2.1873	32
35	0.09991	0.01602	2948	2948	3.00	1073.8	1076.8	0.0061	2.1706	2.1767	35
40	0.12163	0.01602	2446	2446	8.03	1071.0	1079.0	0.0162	2.1432	2.1594	40
45	0.14744	0.01602	2037.7	2037.8	13.04	1068.1	1081.2	0.0262	2.1164	2.1426	45
50	0.17796	0.01602	1704.8	1704.8	18.05	1065.3	1083.4	0.0361	2.0901	2.1262	50
60	0.2561	0.01603	1207.6	1207.6	28.06	1059.7	1087.7	0.0555	2.0391	2.0945	60
70	0.3629	0.01605	868.3	868.4	38.05	1054.0	1092.1	0.0745	1.9900	2.0645	70
80	0.5068	0.01607	633.3	633.3	48.04	1048.4	1096.4	0.0932	1.9426	2.0359	80
90	0.6981	0.01610	468.1	468.1	58.02	1042.7	1100.8	0.1115	1.8970	2.0086	90
100	0.9492	0.01613	350.4	350.4	68.00	1037.1	1105.1	0.1295	1.8530	1.9825	100
110	1.2750	0.01617	265.4	265.4	77.98	1031.4	1109.3	0.1472	1.8105	1.9577	110
120	1.6927	0.01620	203.25	203.26	87.97	1025.6	1113.6	0.1646	1.7693	1.9339	120
130	2.2230	0.01625	157.32	157.33	97.96	1019.8	1117.8	0.1817	1.7295	1.9112	130
140	2.8892	0.01629	122.98	123.00	107.95	1014.0	1122.0	0.1985	1.6910	1.8895	140
150	3.718	0.01634	97.05	97.07	117.95	1008.2	1126.1	0.2150	1.6536	1.8686	150
160	4.741	0.01640	77.27	77.29	127.96	1002.2	1130.2	0.2313	1.6174	1.8487	160
170	5.993	0.01645	62.04	62.06	137.97	996.2	1134.2	0.2473	1.5822	1.8295	170
180	7.511	0.01651	50.21	50.22	148.00	990.2	1138.2	0.2631	1.5480	1.8111	180
190	9.340	0.01657	40.94	40.96	158.04	984.1	1142.1	0.2787	1.5143	1.7934	190
200	11.526	0.01664	33.62	33.64	168.09	977.9	1146.0	0.2940	1.4824	1.7764	200
210	14.123	0.01671	27.80	27.82	178.15	971.6	1149.7	0.3091	1.4509	1.7600	210
212	14.696	0.01672	26.78	26.80	180.17	970.3	1150.5	0.3121	1.4447	1.7568	212
220	17.186	0.01678	23.13	23.15	188.23	965.2	1153.4	0.3241	1.4201	1.7442	220
230	20.779	0.01685	19.364	19.381	198.33	958.7	1157.1	0.3388	1.3902	1.7290	230
240	24.968	0.01693	16.304	16.321	208.45	952.1	1160.6	0.3533	1.3609	1.7142	240
250	29.825	0.01701	13.802	13.819	218.59	945.4	1164.0	0.3677	1.3323	1.7000	250
260	35.427	0.01709	11.745	11.762	228.76	938.6	1167.4	0.3819	1.3043	1.6862	260
270	41.856	0.01718	10.042	10.060	238.95	931.7	1170.6	0.3960	1.2769	1.6729	270
280	49.200	0.01726	8.627	8.644	249.17	924.6	1173.8	0.4098	1.2501	1.6599	280
290	57.550	0.01736	7.443	7.460	259.4	917.4	1176.8	0.4236	1.2238	1.6473	290
300	67.005	0.01745	6.448	6.466	269.7	910.0	1179.7	0.4372	1.1979	1.6351	300
310	77.67	0.01755	5.609	5.626	280.0	902.5	1182.5	0.4506	1.1726	1.6232	310
320	89.64	0.01766	4.896	4.914	290.4	894.8	1185.2	0.4640	1.1477	1.6116	320
340	117.99	0.01787	3.770	3.788	311.3	878.8	1190.1	0.4902	1.0990	1.5892	340
360	153.01	0.01811	2.939	2.957	332.3	862.1	1194.4	0.5161	1.0517	1.5678	360
380	195.73	0.01836	2.317	2.335	353.6	844.5	1198.0	0.5416	1.0057	1.5473	380
400	247.26	0.01864	1.8444	1.8630	375.1	825.9	1201.0	0.5667	0.9607	1.5274	400
420	308.78	0.01894	1.4808	1.4997	396.9	806.2	1203.1	0.5915	0.9165	1.5080	420
440	381.54	0.01926	1.1976	1.2169	419.0	785.4	1204.4	0.6161	0.8729	1.4890	440
460	466.9	0.0196	0.9746	0.9942	441.5	763.2	1204.8	0.6405	0.8299	1.4704	460
480	566.2	0.0200	0.7972	0.8172	464.5	739.6	1204.1	0.6643	0.7871	1.4518	480
500	680.9	0.0204	0.6545	0.6749	487.9	714.3	1202.2	0.6890	0.7443	1.4333	500
520	812.5	0.0209	0.5386	0.5596	512.0	687.0	1199.0	0.7133	0.7013	1.4146	520
540	962.8	0.0215	0.4437	0.4651	536.8	657.5	1194.3	0.7378	0.6577	1.3954	540
560	1133.4	0.0221	0.3651	0.3871	562.4	625.3	1187.7	0.7625	0.6132	1.3757	560
580	1326.2	0.0228	0.2994	0.3222	589.1	589.9	1179.0	0.7876	0.5673	1.3550	580
600	1543.2	0.0236	0.2438	0.2675	617.1	550.6	1167.7	0.8134	0.5196	1.3330	600
620	1786.9	0.0247	0.1962	0.2208	646.9	506.3	1153.2	0.8403	0.4639	1.3092	620
640	2059.9	0.0260	0.1543	0.1802	679.1	454.6	1133.7	0.8686	0.4134	1.2821	640
660	2365.7	0.0277	0.1166	0.1443	714.9	392.1	1107.0	0.8995	0.3502	1.2498	660
680	2708.6	0.0304	0.0808	0.1112	758.5	310.1	1065.5	0.9365	0.2720	1.2086	680
700	3094.3	0.0366	0.0386	0.0752	822.4	172.7	995.2	0.9901	0.1490	1.1390	700
705.5	3208.2	0.0508	0	0.0508	906.0	0	906.0	1.0612	0	1.0612	705.5

ABLA 1 CONTINUACION)

PROPIEDADES DEL VAPOR SOBRECALENTADO

P abs Psia	TEMPERATURA °F															
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
1 (101.74)	v	0.0161	392.5	452.3	511.9	571.5	631.1	690.7								
	h	68.00	1150.2	1195.7	1241.8	1288.6	1336.1	1384.5								
	s	0.1295	2.0509	2.1152	2.1722	2.2237	2.2708	2.3144								
5 (162.24)	v	0.0161	78.14	90.24	102.24	114.21	126.15	138.08	150.01	161.94	173.86	185.78	197.70	209.52	221.53	233.45
	h	68.01	1148.6	1194.8	1241.3	1288.2	1335.9	1383.8	1433.2	1483.7	1534.7	1586.7	1639.6	1693.3	1747.8	1803.5
	s	0.1295	1.8716	1.9369	1.9943	2.0460	2.0932	2.1369	2.1776	2.2159	2.2521	2.2866	2.3194	2.3509	2.3811	2.4101
10 (193.21)	v	0.0161	38.84	44.98	51.03	57.04	63.03	69.00	74.98	80.94	86.91	92.87	98.84	104.80	110.76	116.72
	h	68.02	1146.6	1193.7	1240.6	1287.8	1335.5	1384.0	1433.4	1483.5	1534.6	1586.6	1639.5	1693.3	1747.9	1803.4
	s	0.1295	1.7928	1.8593	1.9173	1.9792	2.0166	2.0603	2.1011	2.1394	2.1757	2.2101	2.2430	2.2744	2.3046	2.3337
15 (213.03)	v	0.0161	0.0166	29.899	33.963	37.985	41.986	45.978	49.964	53.946	57.926	61.905	65.882	69.852	73.833	77.307
	h	68.04	168.09	1192.5	1239.9	1287.3	1335.2	1383.8	1433.2	1483.4	1534.5	1586.5	1639.4	1693.2	1747.8	1803.4
	s	0.1295	0.2940	1.8134	1.8720	1.9242	1.9717	2.0155	2.0563	2.0946	2.1309	2.1653	2.1982	2.2297	2.2599	2.2890
20 (227.96)	v	0.0161	0.0166	22.356	25.428	28.457	31.466	34.465	37.458	40.447	43.435	46.420	49.405	52.388	55.370	58.352
	h	68.05	168.11	1191.4	1239.2	1286.9	1334.9	1383.5	1432.9	1483.2	1534.3	1586.3	1639.3	1693.1	1747.8	1803.3
	s	0.1295	0.2940	1.7805	1.8397	1.8921	1.9397	1.9836	2.0244	2.0628	2.0991	2.1336	2.1665	2.1979	2.2282	2.2572
40 (267.25)	v	0.0161	0.0166	11.036	12.624	14.165	15.685	17.195	18.699	20.199	21.697	23.194	24.689	26.183	27.676	29.168
	h	68.10	168.15	1186.6	1236.4	1285.0	1333.6	1382.5	1432.1	1482.5	1533.7	1585.8	1638.8	1692.7	1747.8	1803.0
	s	0.1295	0.2940	1.6992	1.7608	1.8143	1.8624	1.9065	1.9476	1.9860	2.0224	2.0569	2.0899	2.1224	2.1546	2.1867
60 (292.71)	v	0.0161	0.0166	7.257	8.354	9.400	10.425	11.438	12.446	13.450	14.452	15.452	16.450	17.448	18.445	19.441
	h	68.15	168.20	1181.6	1233.5	1283.2	1332.3	1381.5	1431.3	1481.8	1533.2	1585.3	1638.4	1692.4	1747.8	1803.2
	s	0.1295	0.2939	1.6492	1.7134	1.7681	1.8168	1.8612	1.9024	1.9410	1.9774	2.0120	2.0450	2.0765	2.1068	2.1359
80 (312.04)	v	0.0161	0.0166	0.0175	6.218	7.018	7.794	8.560	9.319	10.075	10.829	11.581	12.331	13.081	13.829	14.577
	h	68.21	168.24	269.74	1230.5	1281.3	1330.9	1380.5	1430.5	1481.1	1532.6	1584.9	1638.0	1692.0	1746.8	1802.5
	s	0.1295	0.2939	0.4371	1.6790	1.7349	1.7842	1.8289	1.8702	1.9089	1.9454	1.9800	2.0131	2.0446	2.0750	2.1041
100 (327.82)	v	0.0161	0.0166	0.0175	4.935	5.588	6.216	6.833	7.443	8.050	8.655	9.258	9.860	10.460	11.060	11.659
	h	68.26	168.29	269.77	1227.4	1279.3	1329.6	1379.5	1429.7	1480.4	1532.0	1584.4	1637.6	1691.6	1746.5	1802.2
	s	0.1295	0.2939	0.4371	1.6516	1.7088	1.7586	1.8036	1.8451	1.8839	1.9205	1.9552	1.9883	2.0199	2.0502	2.0794
120 (341.27)	v	0.0161	0.0166	0.0175	4.0786	4.6341	5.1637	5.6831	6.1928	6.7006	7.2060	7.7096	8.2119	8.7130	9.2134	9.7130
	h	68.31	168.33	269.81	1224.1	1277.4	1328.1	1378.4	1428.8	1479.8	1531.4	1583.9	1637.1	1691.3	1746.2	1802.0
	s	0.1295	0.2939	0.4371	1.6286	1.6872	1.7376	1.7829	1.8246	1.8635	1.9001	1.9349	1.9680	1.9996	2.0300	2.0592
140 (353.04)	v	0.0161	0.0166	0.0175	3.4661	3.9526	4.4119	4.8585	5.2995	5.7364	6.1709	6.6036	7.0349	7.4652	7.8946	8.3233
	h	68.37	168.38	269.85	1220.8	1275.3	1326.8	1377.4	1428.0	1479.1	1530.8	1583.4	1636.7	1690.9	1745.9	1801.7
	s	0.1295	0.2939	0.4370	1.6085	1.6686	1.7196	1.7652	1.8071	1.8461	1.8828	1.9176	1.9508	1.9825	2.0129	2.0421
160 (363.55)	v	0.0161	0.0166	0.0175	3.0060	3.4413	3.8480	4.2420	4.6295	5.0132	5.3945	5.7741	6.1522	6.5293	6.9055	7.2811
	h	68.42	168.42	269.89	1217.4	1273.3	1325.4	1376.4	1427.2	1478.4	1530.3	1582.9	1636.3	1690.5	1745.6	1801.4
	s	0.1294	0.2938	0.4370	1.5906	1.6522	1.7039	1.7499	1.7919	1.8310	1.8678	1.9027	1.9359	1.9676	1.9980	2.0273
180 (373.08)	v	0.0161	0.0166	0.0174	2.6474	3.0433	3.4093	3.7621	4.1084	4.4505	4.7907	5.1289	5.4657	5.8014	6.1363	6.4704
	h	68.47	168.47	269.92	1213.8	1271.2	1324.0	1375.3	1426.3	1477.7	1529.7	1582.4	1635.9	1690.2	1745.3	1801.2
	s	0.1294	0.2938	0.4370	1.5743	1.6376	1.6900	1.7362	1.7784	1.8176	1.8545	1.8894	1.9227	1.9545	1.9849	2.0142
200 (381.80)	v	0.0161	0.0166	0.0174	2.3598	2.7247	3.0583	3.3783	3.6915	4.0008	4.3077	4.6128	4.9165	5.2191	5.5209	5.8219
	h	68.52	168.51	269.96	1210.1	1269.0	1322.6	1374.3	1425.5	1477.0	1529.1	1581.9	1635.4	1689.8	1745.0	1800.8
	s	0.1294	0.2938	0.4369	1.5593	1.6242	1.6776	1.7239	1.7663	1.8057	1.8426	1.8776	1.9109	1.9427	1.9732	2.0025
250 (400.97)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	2.1504	2.4662	2.6872	2.9410	3.1909	3.4382	3.6837	3.9278	4.1709	4.4131	4.6546
	h	68.66	168.63	270.05	375.10	1263.5	1319.0	1371.6	1423.4	1475.3	1527.6	1580.6	1634.4	1688.9	1744.2	1800.2
	s	0.1294	0.2937	0.4368	0.5667	1.5951	1.5502	1.6976	1.7405	1.7801	1.8173	1.8524	1.8858	1.9177	1.9482	1.9776
300 (417.35)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	1.7665	2.0044	2.2263	2.4407	2.6509	2.8585	3.0643	3.2688	3.4721	3.6746	3.8764
	h	68.79	168.74	270.14	375.15	1257.7	1315.2	1368.9	1421.3	1473.6	1526.6	1579.4	1633.3	1688.0	1743.4	1799.6
	s	0.1294	0.2937	0.4307	0.5665	1.5703	1.6274	1.6758	1.7192	1.7591	1.7964	1.8317	1.8652	1.8972	1.9278	1.9572
350 (431.73)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	1.4913	1.7028	1.8970	2.0832	2.2652	2.4445	2.6219	2.7980	2.9730	3.1471	3.3205
	h	68.92	168.85	270.24	375.21	1251.5	1311.4	1366.2	1419.2	1471.8	1524.7	1578.2	1632.3	1687.1	1742.6	1793.9
	s	0.1293	0.2936	0.4367	0.5664	1.5483	1.6077	1.6571	1.7069	1.7411	1.7787	1.8141	1.8477	1.8798	1.9105	1.9400
400 (444.60)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0162	1.2841	1.4763	1.6499	1.8151	1.9759	2.1339	2.2901	2.4450	2.5987	2.7515	2.9037
	h	69.05	168.97	270.33	375.27	1245.1	1307.4	1365.4	1417.0	1470.1	1523.3	1576.9	1631.2	1686.2	1741.9	1798.2
	s	0.1293	0.2935	0.4366	0.5663	1.5282	1.5901	1.6406	1.6850	1.7255	1.7632	1.7988	1.8325	1.8647	1.8955	1.9250
500 (467.01)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.9919	1.1584	1.3037	1.4397	1.5708	1.6992	1.8256	1.9507	2.0746	2.1977	2.3200
	h	69.32	169.19	270.51	375.38	1231.2	1299.1	1357.7	1412.7	1466.6	1520.3	1574.4	1629.1	1684.4	1740.3	1796.9
	s	0.1292	0.2934	0.4364	0.5660	1.4921	1.5595	1.6123	1.6578	1.6990	1.7371	1.7730	1.8069	1.8393	1.8702	1.8998



PROPIEDADES DEL VA POR SOBRECALENTADO

Pabs Psia	TEMPERATURA °F															
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500	
600 (486.20)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.7944	0.9456	1.0726	1.1892	1.3008	1.4093	1.5160	1.6211	1.7252	1.8284	1.9309
	s	69.58	169.42	270.70	375.49	1215.9	1290.3	1351.8	1408.3	1463.0	1517.4	1571.9	1627.0	1682.6	1738.8	1795.6
700 (503.08)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0204	0.7928	0.9072	1.0102	1.1078	1.2023	1.2948	1.3858	1.4757	1.5647	1.6530
	s	69.84	169.65	270.89	375.61	487.93	1281.0	1345.6	1403.7	1459.4	1514.4	1569.4	1624.2	1679.7	1735.0	1791.3
800 (518.21)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0204	0.6774	0.7828	0.8759	0.9631	1.0470	1.1289	1.2093	1.2885	1.3659	1.4446
	s	70.11	169.88	271.07	375.73	487.88	1271.1	1339.2	1399.1	1455.8	1511.4	1566.9	1622.7	1679.5	1737.2	1794.3
900 (531.95)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0204	0.5869	0.6858	0.7713	0.8504	0.9262	0.9998	1.0720	1.1430	1.2131	1.2825
	s	70.37	170.10	271.26	375.84	487.83	1260.6	1332.7	1394.4	1452.2	1508.5	1564.4	1620.6	1677.1	1734.1	1791.6
1000 (544.58)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0204	0.5137	0.6080	0.6875	0.7603	0.8295	0.8966	0.9622	1.0266	1.0901	1.1529
	s	70.63	170.33	271.44	375.96	487.79	1249.3	1325.9	1389.6	1448.5	1504.4	1559.9	1616.4	1673.3	1730.5	1788.0
1100 (556.28)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0203	0.4531	0.5440	0.6188	0.6865	0.7505	0.8121	0.8723	0.9313	0.9894	1.0468
	s	70.90	170.55	271.63	376.08	487.75	1237.3	1318.8	1384.7	1444.7	1502.4	1559.4	1616.3	1673.5	1731.0	1789.0
1200 (567.19)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0203	0.4016	0.4905	0.5615	0.6250	0.6845	0.7418	0.7974	0.8519	0.9055	0.9584
	s	71.16	170.78	271.82	376.20	487.72	1224.2	1311.5	1379.7	1440.9	1499.4	1556.9	1614.2	1671.6	1729.4	1787.6
1400 (587.07)	v	0.0161	0.0166	0.0174	0.0186	0.0203	0.3176	0.4059	0.4712	0.5282	0.5809	0.6311	0.6798	0.7272	0.7737	0.8195
	s	71.68	171.24	272.19	376.44	487.65	1194.1	1296.1	1369.3	1433.2	1493.2	1551.8	1609.9	1668.0	1726.3	1785.0
1600 (604.87)	v	0.0161	0.0166	0.0173	0.0185	0.0202	0.0236	0.3415	0.4032	0.4555	0.5031	0.5482	0.5915	0.6336	0.6748	0.7153
	s	72.21	171.69	272.57	376.69	487.60	616.77	1279.4	1338.5	1425.2	1486.9	1546.6	1605.6	1664.3	1723.2	1782.3
1800 (621.02)	v	0.0160	0.0165	0.0173	0.0185	0.0202	0.0235	0.2906	0.3500	0.3988	0.4426	0.4836	0.5229	0.5609	0.5980	0.6343
	s	72.73	172.15	272.95	376.93	487.56	615.58	1261.1	1347.2	1417.1	1480.6	1541.1	1601.2	1660.7	1720.1	1779.7
2000 (635.80)	v	0.0160	0.0165	0.0173	0.0184	0.0201	0.0233	0.2488	0.3072	0.3534	0.3942	0.4320	0.4680	0.5027	0.5365	0.5695
	s	73.26	172.60	273.32	377.19	487.53	614.48	1240.9	1353.4	1408.7	1447.1	1536.2	1596.9	1657.0	1717.0	1777.1
2500 (668.11)	v	0.0160	0.0165	0.0173	0.0184	0.0200	0.0230	0.1681	0.2293	0.2712	0.3068	0.3390	0.3692	0.3980	0.4259	0.4529
	s	74.57	173.74	274.27	377.82	487.50	612.08	1176.7	1303.4	1386.7	1457.5	1522.9	1585.9	1647.8	1709.2	1770.4
3000 (695.33)	v	0.0160	0.0165	0.0172	0.0183	0.0200	0.0228	0.0982	0.1759	0.2161	0.2484	0.2770	0.3033	0.3282	0.3522	0.3753
	s	75.88	174.88	275.22	378.47	487.52	610.08	1060.5	1267.0	1363.2	1440.2	1509.4	1574.8	1638.5	1701.4	1761.8
3200 (705.08)	v	0.0160	0.0165	0.0172	0.0183	0.0199	0.0227	0.0335	0.1588	0.1987	0.2301	0.2576	0.2827	0.3065	0.3291	0.3510
	s	76.4	175.3	275.6	378.7	487.5	609.4	800.8	1250.9	1353.4	1433.1	1503.8	1570.3	1634.8	1698.3	1761.2
3500	v	0.0160	0.0164	0.0172	0.0183	0.0199	0.0225	0.0307	0.1364	0.1764	0.2066	0.2326	0.2563	0.2784	0.2995	0.3198
	s	77.2	176.0	276.2	379.1	487.6	608.4	779.4	1224.6	1338.2	1422.2	1495.5	1563.3	1629.2	1693.6	1757.2
4000	v	0.0159	0.0164	0.0172	0.0182	0.0198	0.0223	0.0287	0.1052	0.1463	0.1752	0.1994	0.2210	0.2411	0.2601	0.2783
	s	78.5	177.2	277.1	379.8	487.7	605.9	753.0	1174.3	1311.6	1403.6	1481.3	1552.2	1619.8	1685.7	1750.6
5000	v	0.0159	0.0164	0.0171	0.0181	0.0196	0.0219	0.0268	0.0591	0.1033	0.1312	0.1529	0.1718	0.1890	0.2050	0.2203
	s	81.1	179.5	279.1	381.2	488.1	604.6	746.0	1042.9	1252.9	1364.6	1452.1	1525.1	1600.9	1670.0	1737.4
6000	v	0.0159	0.0163	0.0170	0.0180	0.0195	0.0216	0.0256	0.0397	0.0757	0.1020	0.1221	0.1391	0.1544	0.1684	0.1814
	s	83.7	181.7	281.0	382.7	488.6	602.9	735.1	945.1	1188.8	1323.6	1422.3	1505.9	1582.0	1654.2	1724.2
7000	v	0.0158	0.0163	0.0170	0.0180	0.0193	0.0213	0.0248	0.0334	0.0573	0.0816	0.1004	0.1160	0.1298	0.1424	0.1542
	s	86.2	184.4	283.0	384.2	489.3	601.7	729.3	901.8	1124.9	1281.7	1392.2	1482.6	1563.1	1638.6	1711.1
	s	0.1252	0.2859	0.4256	0.5	0.6663	0.7777	0.8926	1.0350	1.2055	1.3171	1.3904	1.4466	1.4938	1.5355	1.5733

## 2. CONCEPTOS GENERALES

### 2.1 TRANSFERENCIA DE CALOR

De nuestra diaria experiencia, nos hemos familiarizado con los tres estados - en los cuales existe el agua. Al considerar los cambios de estado se pierde o se gana calor, varía la presión y los cambios de volumen y temperatura siempre están involucrados, ya sea separadamente o en combinación.

La generación de vapor es uno de los muchos procesos industriales que existen basados en los cambios de estado.

El agua es un excelente medio de transferencia de calor, ya que tiene una alta capacidad térmica, definiendo esa capacidad térmica como la cantidad de calor requerida para producir una unidad de cambio de temperatura por unidad de masa. En la más estricta terminología esto es conocido como calor específico.

El calor se define como la energía en tránsito debido a una diferencia de temperatura, es decir, cualquier diferencia de temperatura será suficiente para generar un flujo de calor del medio de mayor temperatura al medio de menor temperatura.

Existen tres formas mediante las cuales puede tener lugar la energía en tránsito:

- a) Convección.
- b) Conducción.
- c) Radiación.

Estos mecanismos de transferencia que se describen a continuación permitirán explicar este fenómeno de transporte.

Convección.- Es un mecanismo de transferencia de calor que opera a nivel macromolecular y que se presenta en fluidos, por desplazamiento de masas debido a cambios de densidad ocasionados por la diferencia de temperatura.

Reynolds clasificó los regimenes de flujo que se pueden presentar a una fase y que ayuda a cuantificar el fenómeno, complementando la Ley de Newton para evaluar los coeficientes individuales de transferencia de calor.

Conducción.- Es un flujo de calor a nivel molecular dentro de la estructura de la materia en fase sólida desde un punto de mayor temperatura a un punto más frío. La Ley que rige este mecanismo es la propuesta por Joseph Fourier.

Radiación.- Se lleva a cabo entre dos puntos distantes de diferente nivel energético. Opera en virtud de un movimiento ondulatorio en forma semejante a la radiación luminosa, la radiación térmica puede realizarse a través de vacío y de algunos fluidos, siendo en estos últimos un efecto combinado de la radiación y la convección de los mismos. La manera de cuantificar la contribución de la energía por radiación es con la Ley de Stefan - Boltzmann.

Para cada mecanismo de transmisión de calor se tiene: (ver Figura No. 2).

Calor por convección  $Q = h A \Delta T$

Calor por conducción  $Q = k A \Delta T/e$

Calor por radiación  $Q = 0.173 E A \left( \frac{T_1^4}{100} - \frac{T_4^4}{100} \right)$

donde:

Q calor transferido

h coeficiente de transferencia de calor

A área de transferencia de calor

T diferencia de temperatura

k conductividad térmica del material del tubo

e espesor del tubo

E emisividad del material del tubo

T<sub>1</sub> temperatura externa

T<sub>4</sub> temperatura interna

No se deducirán las ecuaciones correspondientes a las leyes enunciadas para cada caso, ya que este aspecto es tratado ampliamente en la bibliografía que se indica al final de esta tesis.

Teóricamente la transferencia de calor tiene lugar por los tres mecanismos, sin embargo en los equipos de generación de vapor se presentan predominante

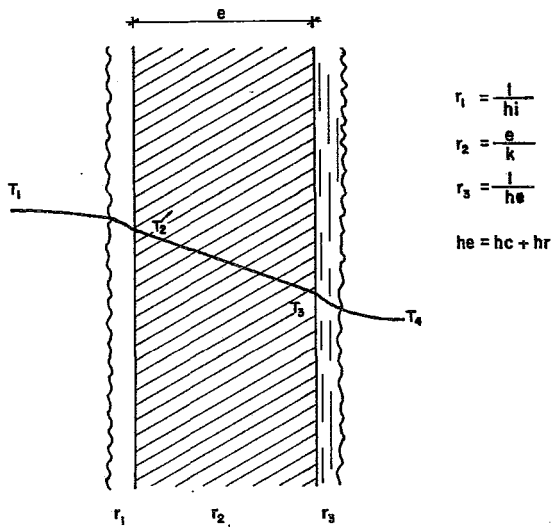


FIGURA No 2

PERFIL DE TEMPERATURAS  
Y RESISTENCIAS A LA  
TRANSFERENCIA DE  
CALOR

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Mo. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .

mente uno o dos de ellos.

En la ecuación general de diseño establecida por Fourier, se define que el calor transferido (Q) es proporcional al área expuesta (A) y al potencial térmico ( $\Delta T$ ) existente entre emisor y receptor, la constante de proporcionalidad (U) es el coeficiente global de transferencia de calor.

$$Q = U A \Delta T$$

## 2.2 CARACTERISTICAS DEL VAPOR

### 2.2.1 CALIDAD DEL VAPOR

Cuando el vapor mantiene en suspensión una cierta cantidad de humedad, es conocido como "Vapor Húmedo", la proporción en peso de vapor en la mezcla es llamada "Calidad del Vapor" y se expresa en términos de porcentaje. Por ejemplo, si una cantidad de vapor húmedo contiene 90% de vapor y 10% de humedad, se dice que la mezcla tiene una calidad del 90%.

### 2.2.2 VAPOR SATURADO

El vapor saturado es aquel que tiene todo el calor que puede sostener a la temperatura de ebullición del agua, o sea, es aquel que tiene una temperatura correspondiente a su presión.

La temperatura a la cual un líquido hierve bajo una presión dada es llamada

de saturación y la presión correspondiente se denomina presión de saturación. Para cada presión existe una temperatura de saturación y viceversa.

Se dispone de suficiente información relacionada con las propiedades termodinámicas y termodinámicas del vapor de agua entre las que se encuentran la tabla de vapor de Joseph H. Keenan y F. G. Keyes y las tablas de vapor publicadas por la ASME. Las tablas de vapor incluyen los valores de entalpía, entropía y volumen específico para un amplio rango de presiones y temperaturas, tanto para la fase líquida como para la fase vapor (ver Tabla No. 1).

### 2.2.3 VAPOR SOBRECALENTADO

El vapor que ha sido calentado arriba de su temperatura de saturación para una presión dada, es llamado vapor sobrecalentado y la unidad del equipo en la cual el vapor saturado se sobrecalentó se llama sobrecalentador.

La cantidad por la cual la temperatura del vapor sobrecalentado excede a la temperatura del vapor saturado a la misma presión es conocido como grado de sobrecalentamiento.

La práctica común en cuanto al estado termodinámico se refiere, consiste en utilizar vapor sobrecalentado y en muy pocos casos vapor saturado como medio motriz en equipo mecánico, debido a que parte del vapor saturado se condensa al transformar su energía a trabajo. La cantidad de trabajo que una turbina puede efectuar está limitada por la cantidad de humedad que está en po-

sibilidad de manejar, la cual se encuentra normalmente entre 10 y 15%.

Es posible incrementar el trabajo hecho por la turbina separando la humedad mediante etapas intermedias, pero económicamente se acepta en muy pocos casos. Sin embargo, con la separación de la humedad, la energía total que se transforma en trabajo en la turbina es pequeña comparada con la cantidad de calor requerida para aumentar la temperatura del agua de alimentación a su temperatura de saturación y evaporarla. Por lo tanto, la humedad constituye la limitación básica del diseño de las turbinas.

Ya que la turbina transforma esencialmente el calor del vapor sobrecalentado a trabajo sin formar humedad, el calor del vapor sobrecalentado es prácticamente recuperable en la turbina.

#### 2.2.4 VAPOR RECALENTADO

Una vez que el vapor sobrecalentado ha sido utilizado en una o más etapas de una turbina y que ha alcanzado o se ha aproximado al punto de saturación, es necesario incrementar nuevamente el grado de sobrecalentamiento. Para lograrlo, se regresa dicho vapor a una sección de la caldera llamada recalentador.



### 3. DESCRIPCIÓN DE CALDERAS ACUOTUBULARES

25 - 3.75

#### 3.1 APLICACIONES

25 - 12.5

Las principales aplicaciones del vapor son:

En plantas termoeléctricas.- Siendo el vapor el medio motriz de turbogeneradores que tienen capacidad de 60 a más de 300 KW (ver Tablas No. 2 y 3).

En plantas de proceso.- Como medio de calentamiento de corrientes de proceso, vaporización en procesos de destilación, trazado de vapor para manejo de fluidos de alta viscosidad, desaeración de agua, calentamiento de aire - para secadores, generación de vacío, generación de potencia en turbinas para motores de ventiladores, compresores, y bombas, limpieza y mantenimiento de equipo de proceso, etc., (Figura No. 3).

#### 3.2 TIPOS DE CALDERAS ACUOTUBULARES

La definición de un generador de vapor de acuerdo con el código ASME es la siguiente: "Es la combinación de equipos para producir o recuperar calor, junto con aparatos para transferir el calor disponible a un fluido".

La caldera acuotubular está constituida por el hogar, banco generador, tubos pantalla, sobrecalentador, recalentador, economizador, precalentador de aire, equipo de combustión y equipo auxiliar, como los sopladores de hollín, ventilador y chimenea (Figuras No. 4a y 4b).

T A B L A # 2

PLANTAS CONSTRUIDAS POR CFE HASTA 1976

PLANTA	TIPO	CAPACIDAD TOTAL KW	FECHA INICIACION COMERCIAL	UBICACION MUNICIPIO ESTADO
Teloapan	CI	64	1938	Teloapan, Gro.
Xiá	H	170	1939	Chicomezuchil, Oax.
Bartolinas	H	750	1940	Tacámbaro, Mich.
Jumatán	H	2180	1941	Tepic, Nay.
Carácuaro	H	120	1942	Carácuaro, Mich.
Granados	H	940	1942	Villamar, Mich.
Cointzio	H	480	1943	Morelia, Mich.
Ixtapantongo	H	106000	1944	Nvo. Sto. Tomás, Méx.
Zumpimito	H	6400	1944	Uruapan, Mich.
Río Micos	H	1052	1945	C. Valles, S.L.P.
Colotlipa	H	8000	1946	Quechultenango, Gro.
La Laguna	V-TG	159900	1948	Gómez Palacio, Dgo.
Ciudad Juárez	V-TG	160290	1949	Cd. Juárez, Chih.
Santa Bárbara	H	67575	1950	Nvo. Sto. Tomás, Méx.
San Juan Viejo	H	228	1950	Zitácuaro, Mich.
Las Minas	H	14400	1951	Las Minas, Ver.
Bombaná	H	5240	1951	Bochil, Chis.
El Encanto	H	10000	1951	Tlapacoyan, Ver.
Texolo II	H	1600	1951	Teocelo, Ver.
Chihuahua	V-TG	75680	1952	Chihuahua, Chih.
San Jerónimo	V	105000	1952	Monterrey, N. L.
Tepazolco	H	10880	1953	Xochitlán, Pue.
Guaymas I	V	98000	1953	Guaymas, Son.
Dos Bocas	V-CC	506500	1954	Medellín, Ver.
La Planta (El punto)	H	960	1954	Tepic, Nay.

(Continúa Tabla 2)

PLANTA	TIPO	CAPACIDAD TOTAL KW	FECHA INICIACION COMERCIAL	UBICACION MUNICIPIO ESTADO
Falcón	H	31500	1954	Guerrero Garza García, Tamps.
Nachi-cocom	V-TG	113750	1955	Mérida, Yuc.
Cóbano	H	52020	1955	Gabriel Zamora, Mich.
Ing. Héctor Martínez D'Meza	H	25200	1955	Villa de Allende, Méx.
El Durazno	H	18000	1955	Valle de Bravo, Méx.
Coalcomán	H	488	1957	Coalcomán, Mich.
Oviachic	H	19200	1957	Cajeme, Son.
Tingambato	H	135000	1957	Otzolopan, Méx.
Las Cruces	V-TG	57000	1958	Acapulco, Gro.
Durango	V-TG	31160	1958	Durango, Dgo.
Mocúzari	H	9600	1959	Alamos, Son.
Temascal	H	154080	1959	San Miguel Soyaltepec, Oax.
Villa Unión	V	5000	1959	Mazatlán, Sin.
El Salto	H	2975	1959	El Salto, Jal.
Villahermosa	V	9850	1959	Centro, Tab.
27 de Septiembre (El Fuerte)	H	59400	1960	El Fuerte, Sin.
Chilapan	H	26000	1960	Catemaco, Ver.
Tetela de Ocampo	H	100	1960	Tetela de Ocampo, Pue.
Guasuntlán	H	1600	1962	Sotapan, Ver.
Mazatepec	H	208800	1962	Tlauhauquitepec, Pue.
Calera	V	6000	1962	Calera, Zac.
Cupatitzio	H	72450	1962	Uruapan, Mich.
Tamazulapan	H	2480	1962	Tamazulapan, Oax.
Juchitán	V-TG	15000	1963	Juchitán, Oax.
Boza Rica	V	117000	1963	Molocán, Ver.
Valle de México	V-TG	871100	1963	Acolman, Méx.
Gral. Salvador Alvarado	H	14000	1963	Culiacán, Sin.
Monterrey	V	477000	1963	San Nicolás de los Garza, N.L.
Luis M. Rojas	H	5320	1963	Tonalá, Jal.
Tijuana (Rosarito)	V	307000	1963	Tijuana, B.C.N.
El Chique	H	624	1964	Tabasco, Zac.

(Continúa Tabla 2)

PLANTA	TIPO	CAPACIDAD TOTAL KW	FECHA INICIACION COMERCIAL	UBICACION MUNICIPIO ESTADO
Emilio Portes Gil	V	75000	1964	Río Bravo, Tamps.
Gral. Manuel M Diéquez (Sta. Rosa)	H	61200	1964	Amatitán, Jal.
Gral. Francisco Villa	V	99000	1964	Delicias, Chih.
Gral. Plutarco Elías Calles (El Novillo)	H	135000	1964	Soyapa, Son.
Gral. Ambrosio Figueroa (La Venta)	H	30000	1964	La Venta, Gro.
Infiernillo	H	1012000	1965	La Unión, Gro.
Agustín Millán	H	18900	1965	Valle de Bravo, Méx.
Gral. Rafael Buelna	V-TG	40000	1965	Mazatlán, Sin.
Fundidora	TG	14000	1965	Monterrey, N. L.
Venustiano Carranza	V	37500	1966	Nava, Coah.
Camilo Arriaga José Cecilio del Valle	H	18000	1966	Cd. del Maíz, S.L.P.
Valle	H	21000	1967	Metapa, Chis.
Tampico	TG	14000	1968	Tampico, Tamps.
Salamanca	V-TG	630000	1968	Salamanca, Gto.
Topolobampo	V	41000	1968	Ahome, Sin.
Malpaso	H	720000	1969	Tecpatán, Chis.
Culiacán	TG	14000	1970	Culiacán, Sin.
Universidad	TG	26000	1970	Monterrey, N. L.
Chávez	TG	29900	1971	Francisco I. Madero, Coah.
Monclova	TG	18035	1971	Monclova, Coah.
Esperanzas	TG	13050	1971	Esperanza, Coah.
Leona	TG	28000	1972	Monterrey, N. L.
Ciudad Obregón	TG	32000	1972	Cajeme, Son.
Cerro Prieto	GEO	75000	1973	Mexicali, B.C.N.
El Verde	TG	26050	1973	Zapotlanejo, Jal.
El Colomo	TG	15070	1973	Colima, Col.
Sebastián B. de Mier	TG	41700	1973	Puebla, Pue.

(Continúa Tabla 2)

PLANTA	TIPO	CAPACIDAD TOTAL KW	FECHA INICIACION COMERCIAL	UBICACION MUNICIPIO ESTADO
La Villita	H	300000	1973	Melchor Ocampo, Mich.
La Paz	TG	21850	1973	La Paz, B.C.S.
Guaymas II	V	168000	1973	Guaymas, Son.
Tecnológico	TG	31500	1974	Monterrey, N. L.
Mexicali	TG	75600	1974	Mexicali, B.C.N.
Francisco Pérez				
Ríos (Tula)	V	600000	1975	Tula de Allende, Hgo.
Mazatlán II	V	316000	1975	Mazatlán, Sin.
Cancún	TG	20300	1975	Cancún, Q.R.
Belisario Domínguez (La Angostura)	H	540000	1975	V. Carranza, Chis.
Lerma (Campeche)	V	150000	1976	Campeche, Camp.
Gómez Palacio	CC	204000	1976	Gómez Palacio, Dgo.
Altamira	V	316000	1976	Altamira, Tamps.
Humaya	H	85500	1976	Culiacán, Sin.

Abreviaturas:

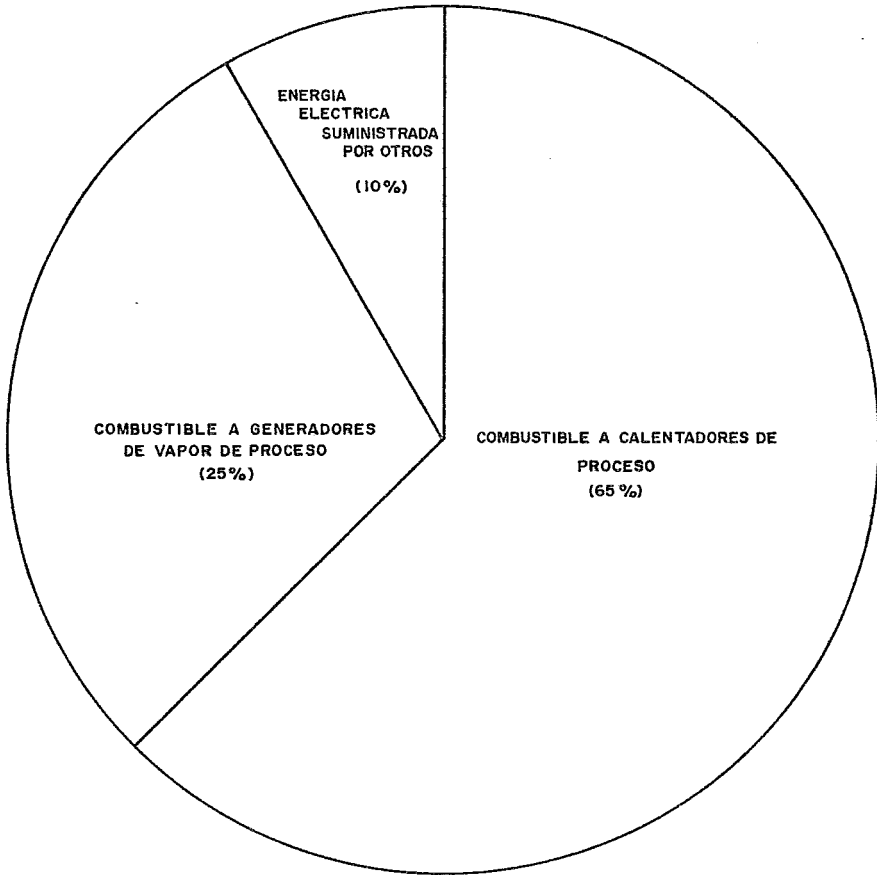
H: Hidroeléctrica  
V: Vapor  
TG: Turbogás  
CI: Combustión Interna  
CC: Ciclo Combinado  
GEO: Geotermia

TABLA # 3

GENERACION BRUTA DE ENERGIA ELECTRICA POR TIPO DE PLANTA  
1960/1973/1980/1985

TIPO DE PLANTA	GENERACION gWh				ESTRUCTURA %				TASA MEDIA ANUAL DE CRECIMIENTO		
	1960	1973	1980	1985	1960	1973	1980	1985	1960-1973	1973-1980	1980-1985
Hidroeléctrica	4,623	16,081	20,350	33,768	54.3	47.0	25.9	26.4	11.3	5.2	9.8
Termoeléctrica	3,884	17,980	50,036	75,655	45.7	52.5	63.6	59.0	11.9	16.6	9.0
Hidrocarburos	3,658	17,812	46,133	62,394	43.0	52.0	58.6	48.7	12.3	15.8	6.5
Carbón	226	168	3,903	13,261	2.7	0.5	5.0	10.3	-2.2	39.0	27.8
Nuclear	0	0	6,877	16,211	-	-	8.7	12.7	-	-	17.4
Geotérmica	0	183	1,413	2,496	-	0.5	1.8	1.9	-	29.5	12.4
TOTAL:	8,507	34,244	78,676	128,130	100.0	100.0	100.0	100.0	11.6	12.7	10.1

Fuente: Comisión Federal de Electricidad, Estadísticas básicas de explotación, Varios años, México, D. F.  
Resumen de consumos y generaciones totales, México, D. F., 1975.



**FIGURA No 3**  
**FUENTE DE ENERGIA A**  
**REFINERIAS**

Es necesario tener una circulación adecuada de agua y de mezcla agua-vapor para la producción de vapor y para tener un control de temperaturas en los tubos dentro de la caldera. Cuando se opera a presiones supercríticas, la circulación se produce mecánicamente por medio de bombas (circulación forzada), y a presiones subcríticas la circulación es producida por la acción de la gravedad o sea por la diferencia de densidades de los fluidos en los tubos del banco generador y en el hogar (circulación natural).

### 3.2.1 CALDERAS PAQUETE

CALDERA TIPO D.- Es una caldera totalmente armada en fábrica, de dos domos y tubos verticales curvos (Figura No. 4a).

El hogar cuenta con enfriamiento por agua en los cuatro costados, el piso y el techo. La pared lateral, la pared divisoria son de tubos soldados con membrana (Figura No. 5a). La pared de quemadores y la pared frontal son de tubos espaciados (Figura No. 5b). Los tubos del piso van cubiertos de refractario - para favorecer y controlar la circulación del agua.

En la zona de convección se pueden tener hasta tres pasos que se logran por medio de mamparas formadas por tubos, los cuales son a prueba de fuga de gas (Figuras No. 6a, 6b y 6c).

La capacidad máxima de este tipo de calderas es de 400,000 lb/h, la máxima presión de diseño es de 1,800 lb/pulg<sup>2</sup> y pueden alcanzar una presión máxi-



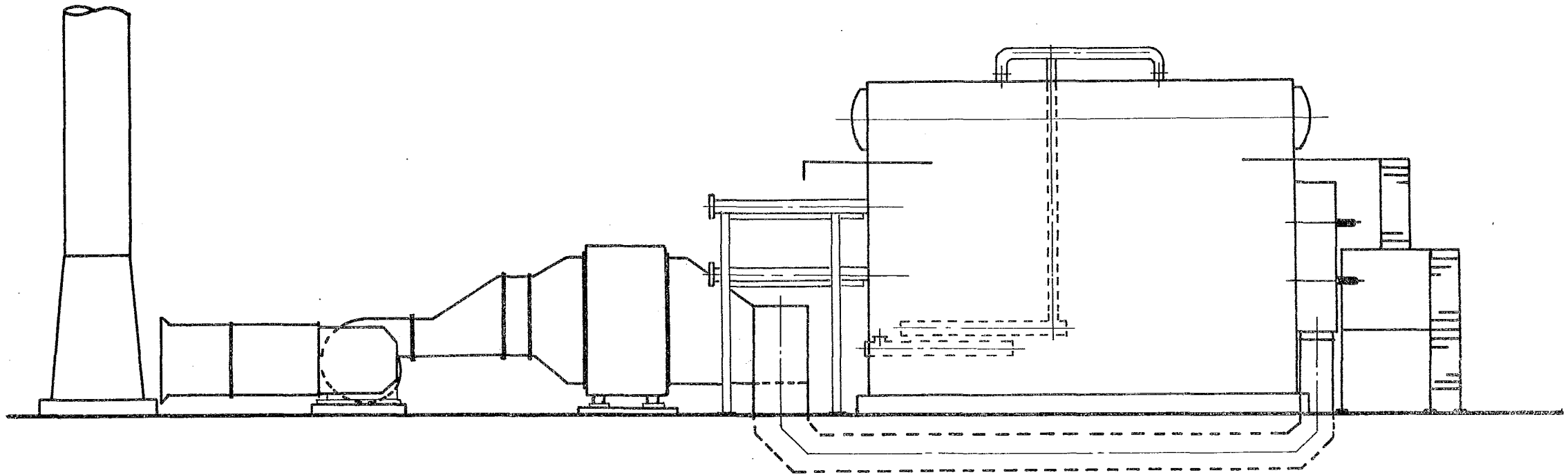


FIGURA No. 4a  
CALDERA TIPO D  
VISTA DE ELEVACION

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FACULTAD DE QUIMICA.

U . N . A . M .

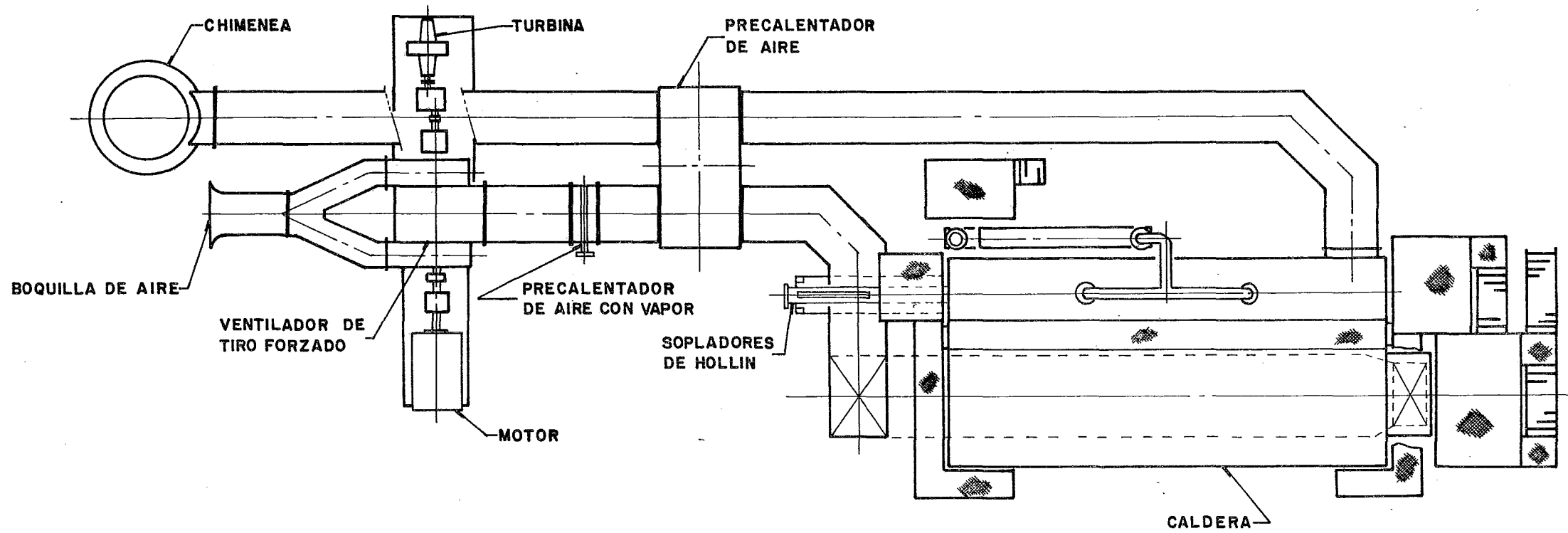


FIGURA No. 4 b  
 CALDERA TIPO D  
 VISTA DE PLANTA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FACULTAD DE QUIMICA.

U . N . A . M .



MAMPARAS EN LAS CALDERAS DE DOS Y TRES PASOS

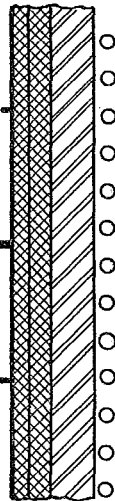


MAMPARA DE GASES DEL HOGAR



COSTADO Y TECHO DEL HOGAR

(a)



PARED OPUESTA AL QUEMADOR



PARED DEL QUEMADOR

(b)

FIGURA No 5

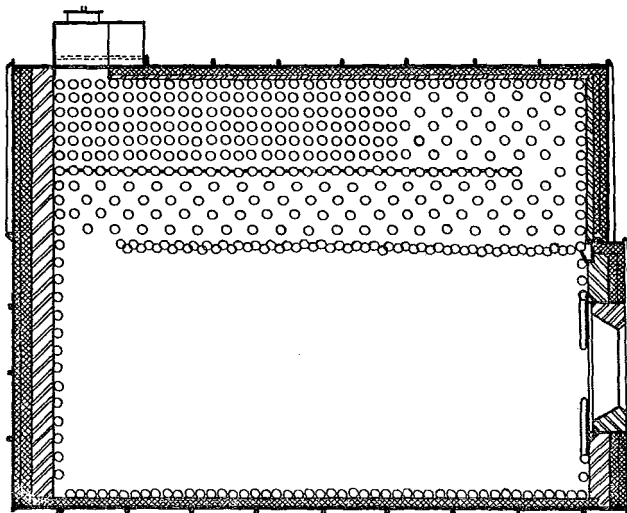
CONSTRUCCION DE LAS  
PAREDES DE AGUA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA ,ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

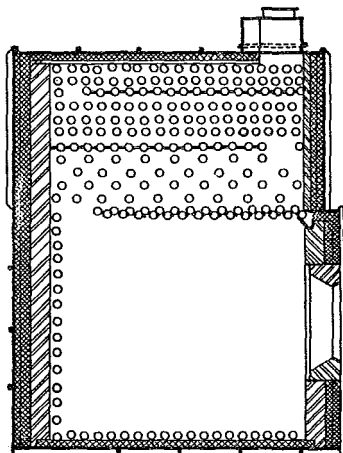
Ma. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .

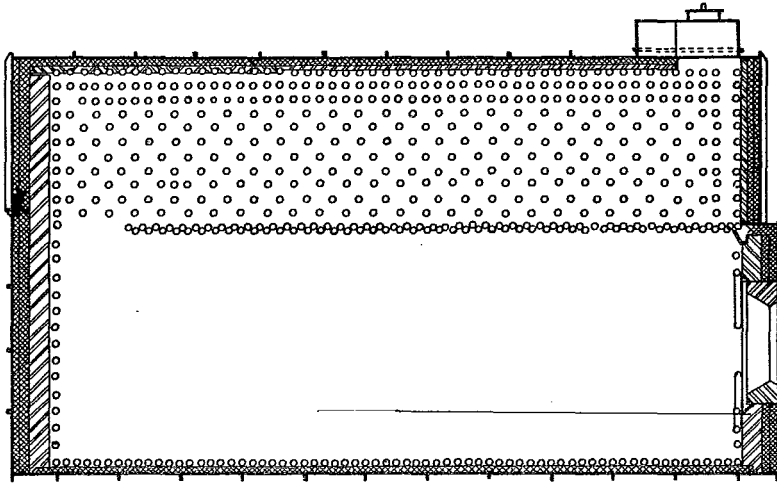


(a) CALDERA DE DOS PASOS



(b) CALDERA DE TRES PASOS

FIGURA No 6  
CALDERA TIPO "D"



(c) CALDERA DE UN PASO

FIGURA No 6  
CALDERA TIPO "D"

ma del vapor de 950 lb/pulg<sup>2</sup>.

Esta caldera no es simétrica y debido a ésto presenta dificultad en su transportación.

CALDERA TIPO A.- Es también totalmente armada en fábrica, de tres domos, uno superior y dos inferiores (Figura No. 7).

En la pared de quemadores y en la pared frontal no hay tubos (Figura No. 8). Sólo tiene un quemador que se encuentra al centro de la pared, equidistante de las paredes del hogar, el cual produce una flama larga y angosta, logrando una temperatura uniforme a lo largo de la caldera. La longitud de la flama es de aproximadamente un 70% de la longitud del hogar. El volumen del hogar se logra a base de longitud.

El sobrecalentador es horizontal y se encuentra en la zona de radiación.

Este tipo de caldera es simétrica en toda su extensión, haciéndola fácilmente transportable.

La capacidad máxima de la caldera tipo A es de 300,000 lb/h, la máxima presión de diseño es de 1,550 lb/pulg<sup>2</sup> y la presión máxima del vapor es de 900 lb/pulg<sup>2</sup>.

### 3.2.2 CALDERAS DE ERECCION EN CAMPO

Es una caldera de dos domos. El hogar está constituido por dos paredes late-

rales, pared de quemadores, pared divisoria, piso y techo, los cuales son de tubos soldados con membrana (Figura No. 5a). El piso está cubierto con refractario. Las paredes laterales tienen cabezales de entrada y salida que se encuentran en la parte inferior y superior respectivamente, los cuales son alimentados por los tubos del piso, de manera que el flujo de agua por las paredes se distribuya equitativamente (Figura No. 9). La pared divisoria evita el paso de los gases por el banco generador, forzando a éstos a pasar al sobrecalentador.

Este tipo de calderas generalmente tienen cuatro quemadores tangenciales, - pudiendo tener seis o más (Figura No. 10).

El banco generador tiene tres pasos, ésto se logra poniendo mamparas diagonales a los tubos del banco para favorecer la transferencia de calor, ya que es mayor con flujo transversal que con flujo longitudinal.

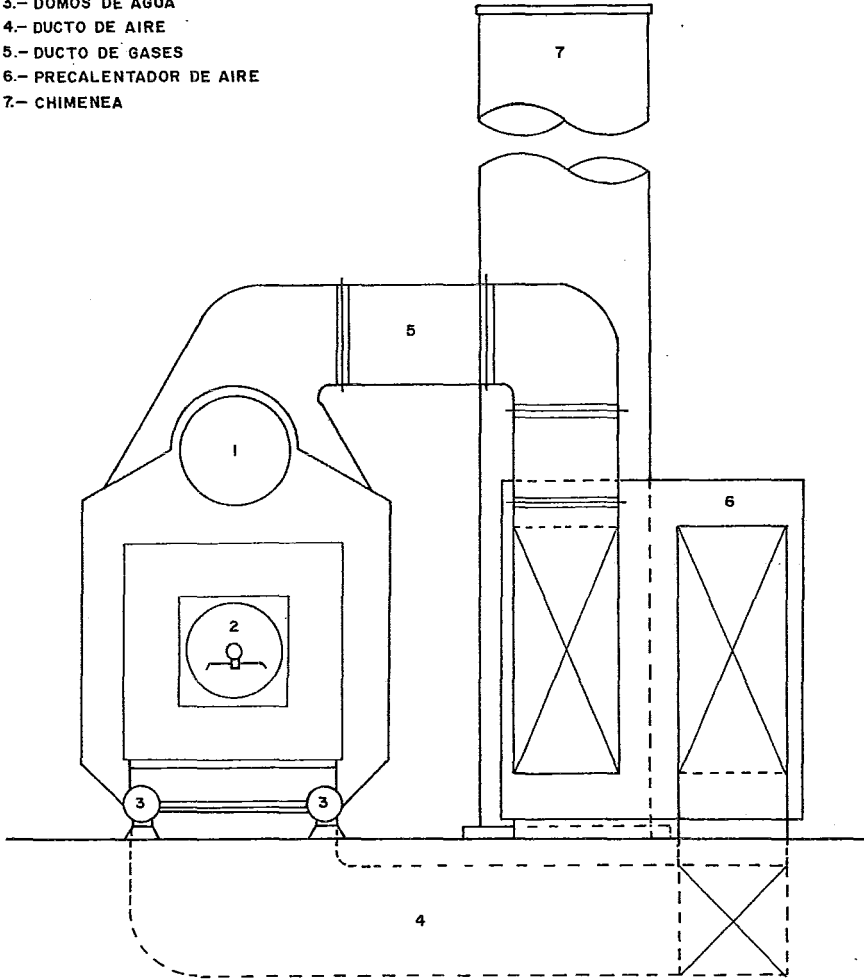
La capacidad máxima de este tipo de caldera es de 900,000 lb/h, la máxima presión de diseño es de 1,800 lb/pulg<sup>2</sup> y la presión máxima del vapor es de 1,000 lb/pulg<sup>2</sup>.

### 3.2.3 CRITERIOS DE SELECCION Y DISEÑO

Los criterios para seleccionar el tipo de caldera deseada son los siguientes:

- 1) Rango de capacidad y presión de la caldera.

- 1.- DOMO DE VAPOR.
- 2.- QUEMADOR
- 3.- DOMOS DE AGUA
- 4.- DUCTO DE AIRE
- 5.- DUCTO DE GASES
- 6.- PRECALENTADOR DE AIRE
- 7.- CHIMENEA



<b>FIGURA No 7</b> <b>CALDERA TIPO A</b> <b>ELEVACION FRONTAL</b>	<b>PROCEDIMIENTOS DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL</b> <b>DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>		
	<b>Ma. TERESA PEREZ CAR-</b> <b>BAJAL Y CAMPUZANO</b>	<b>FAC. QUIMICA</b>	<b>U . N . A . M .</b>



- 2) Calderas montadas en fábrica o en campo.
- 3) Consideraciones económicas.
- 4) Especificaciones técnicas del cliente.

Los criterios generales de diseño de la caldera ya seleccionada son:

- 1) Límite de absorción de calor del hogar.
- 2) Límites de dimensiones del hogar para acomodar los quemadores.
- 3) Límite de capacidad de separación de vapor en el domo.
- 4) Tipo de combustible.
  - a) Líquidos:
    - petróleo pesado
    - petróleo ligero
    - diesel
    - destilados del petróleo
  - b) Gaseosos:
    - gas natural
    - gas de alto horno
    - monóxido de carbono (CO)
    - hidrógeno de proceso
    - gas de proceso

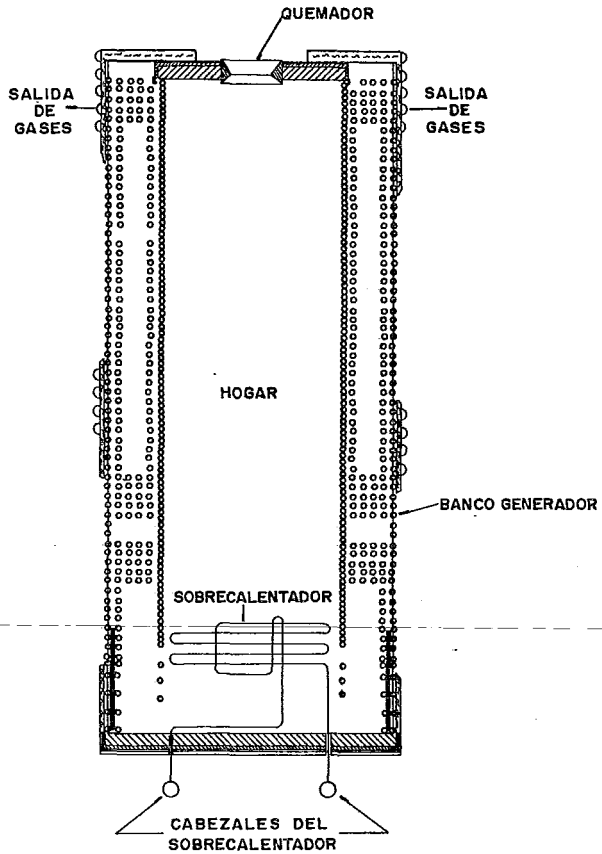


FIGURA No. 9  
CORTE DE UNA CALDERA  
TIPO "A"

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA , ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Mo. TERESA PEREZ CAR-  
SAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .

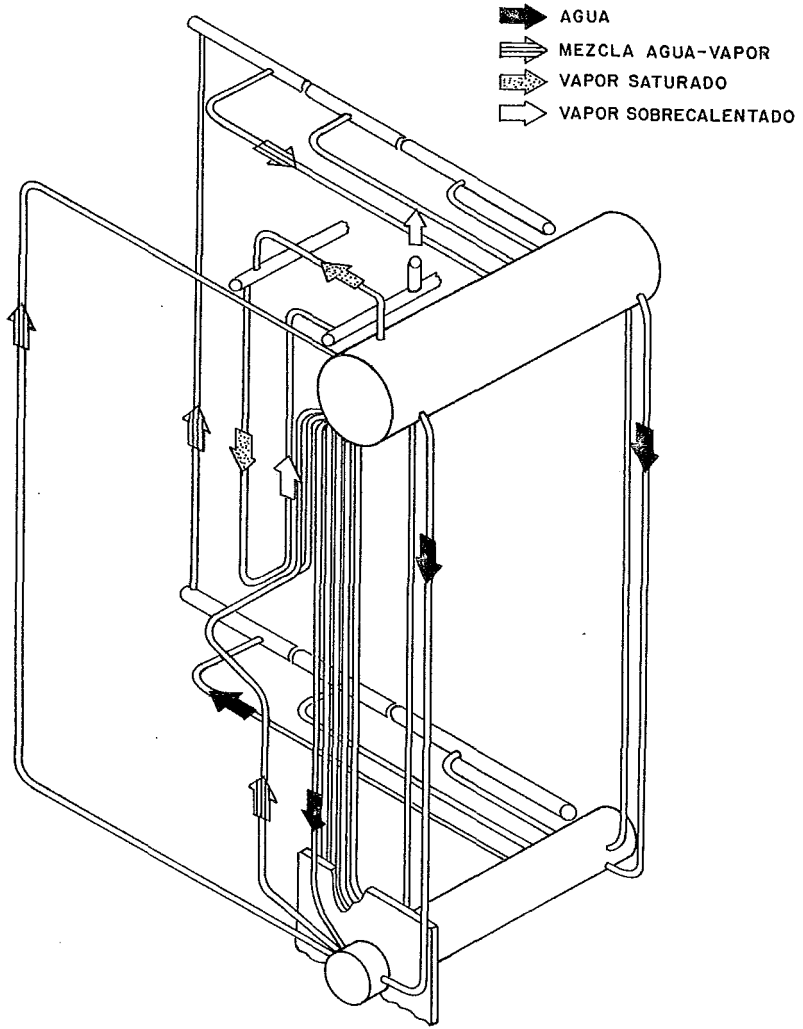


FIGURA No 9

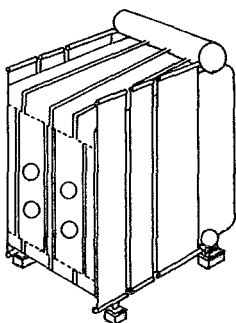
DIAGRAMA DE CIRCULACION DE LA CALDERA T.VU"

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

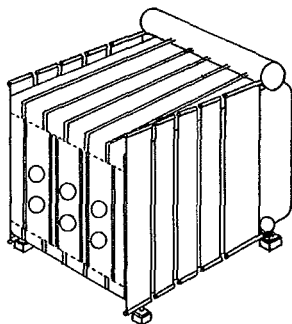
Mg. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .



(a)  
CALDERA DE CUATRO  
QUEMADORES



(b)  
CALDERA DE SEIS  
QUEMADORES

FIGURA No 10 CALDERA TIPO "VU"	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES		
	Ma. TERESA PEREZ CAR -BAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

- c) Sólidos:
  - carbón
  - bagazo de caña
  - desperdicios de madera
  - desperdicios de proceso

### 3.3 PARTES INTEGRANTES DE LA CALDERA

#### 3.3.1 HOGAR

El hogar es la sección que se encuentra en contacto directo con la flama y por lo tanto es la zona en donde se presenta la temperatura más alta de los gases de combustión.

Está constituido por las paredes laterales, pared de quemadores, pared frontal, pared divisoria, piso y techo, las cuales, a su vez, están constituidas por tubos ya sean soldados entre sí o soldados con membrana, para formar un sello completo en el hogar y así evitar fugas de los gases de combustión hacia el exterior (Figura No. 11).

El hogar es totalmente enfriado con agua por medio de una superficie que absorbe el calor de radiación asegurando la reducción de la temperatura de los gases de combustión a un nivel en el que la zona de convección se mantenga lo suficientemente limpia, ya que cuando la temperatura de salida de los gases de combustión es alta, el hollín puede adherirse con mayor facilidad y la

necesidad de limpieza en la zona de convección puede ser excesiva.

### 3.3.2 QUEMADORES

Los quemadores son los dispositivos en donde se lleva a cabo la combustión. (Figura No. 12).

La combustión es el conjunto de combinaciones químicas que se producen a ciertas condiciones liberándose calor.

Para que se produzca la combustión, necesariamente deben estar presentes el combustible y el comburente, pero éstos por sí solos no producen combustión, ya que no es un proceso espontáneo. Se hace necesario un punto caliente, es decir, para que la combustión tenga lugar se requiere una temperatura elevada, ya que la combustión sólo ocurre a altas temperaturas. Si la liberación de calor, producida por la combustión es suficiente para mantener la temperatura necesaria, la combustión podrá mantenerse y el fuego será estable.

Como ya se mencionó, los combustibles pueden ser sólidos, líquidos y gaseosos, y el comburente es el aire de la atmósfera.

### 3.3.3 TUBOS PANTALLA.

Son las primeras hileras de tubos en la zona de convección. Reciben calor de radiación proveniente del refractario del hogar, y también reciben calor de radiación y convección de los gases de combustión que pasan a través de ellos

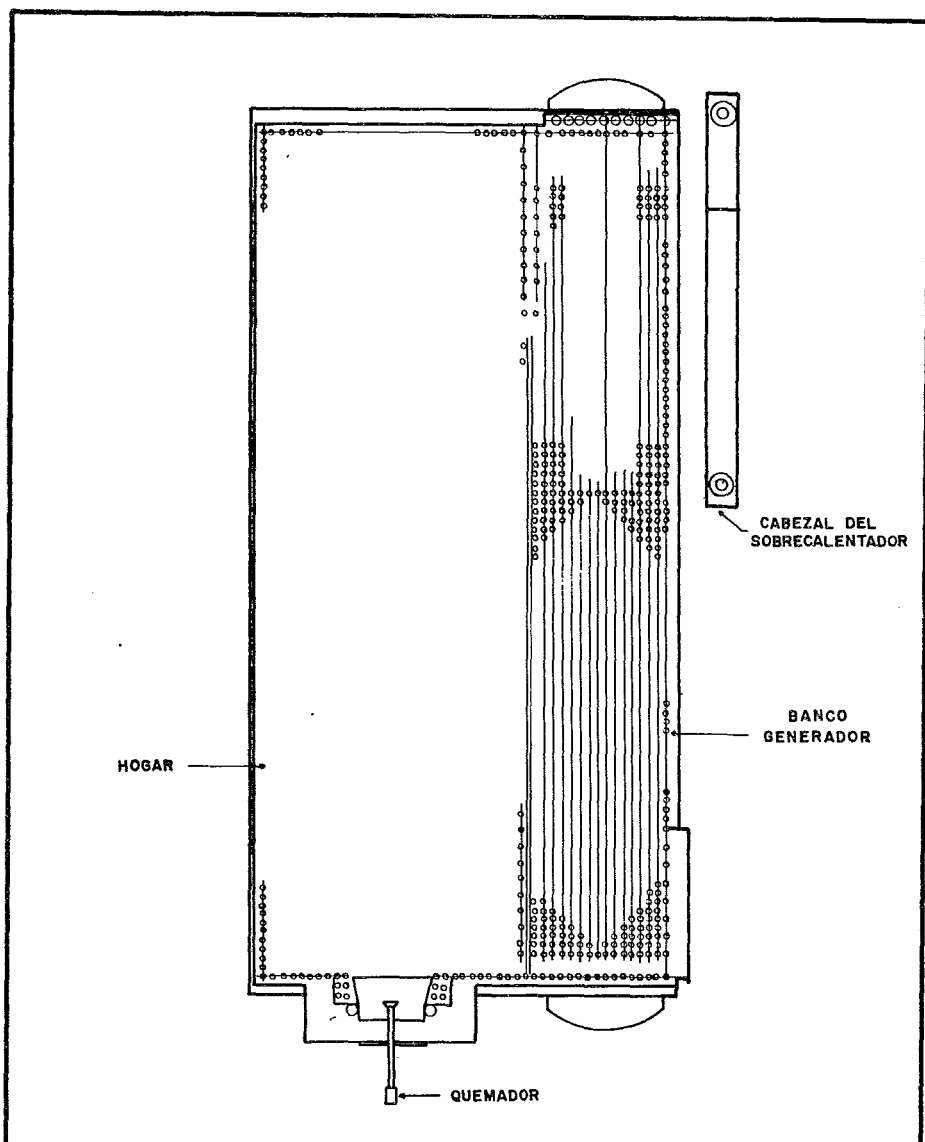


FIGURA No II HOGAR VISTA DE PLANTA	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES		
	M <sup>o</sup> . TERESA PEREZ CAR- BAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA	U . N . A . M .

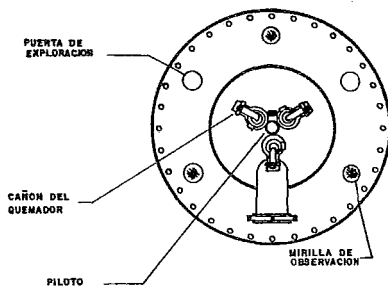
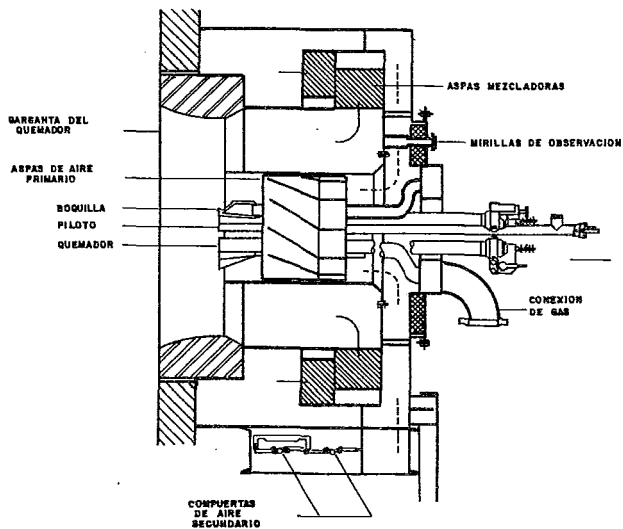


FIGURA No 12  
CORTE DE UN  
QUEMADOR

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Ma. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .



(Figura No. 13).

Los tubos están conectados en su parte inferior con el domo de agua y en su parte superior con el domo de vapor. Son tubos espaciados perpendicularmente con respecto al flujo de los gases de combustión, para prevenir el taponamiento debido al hollín que contienen los gases y así facilitar la limpieza de estos. La circulación de agua a través de los tubos pantalla es ascendente.

En unidades pequeñas, el sobrecalentador reemplaza a los tubos pantalla.

#### 3.3.4 SOBRECALENTADOR

Los tipos de sobrecalentadores se clasifican de acuerdo con la localización de los mismos dentro de la caldera, es decir, si el sobrecalentador se encuentra en una zona donde los gases están a alta temperatura, el sobrecalentador será radiante, ya que la mayor parte del calor que recibe es por radiación y casi nada por convección. Si el sobrecalentador se encuentra en una zona donde el calor transferido por radiación es muy bajo, será de convección.

El comportamiento de estos dos tipos de sobrecalentadores se ilustra en la Figura No. 14. En la práctica lo más conveniente es emplear un sistema combinado, con el fin de lograr una temperatura constante o aproximadamente constante para todo el rango de capacidad de la caldera.

El sobrecalentador está localizado sobre o antes del banco generador de manera de protección de la llama o de la alta temperatura de los gases (Figura

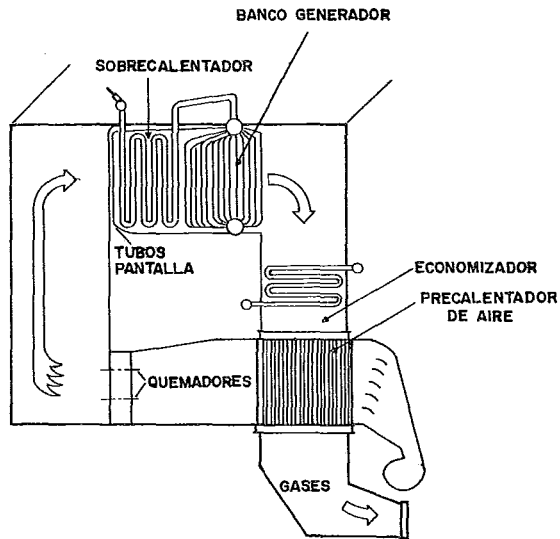


FIGURA No 13  
CORTE  
ESQUEMATICO DE  
UNA CALDERA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Mo. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .

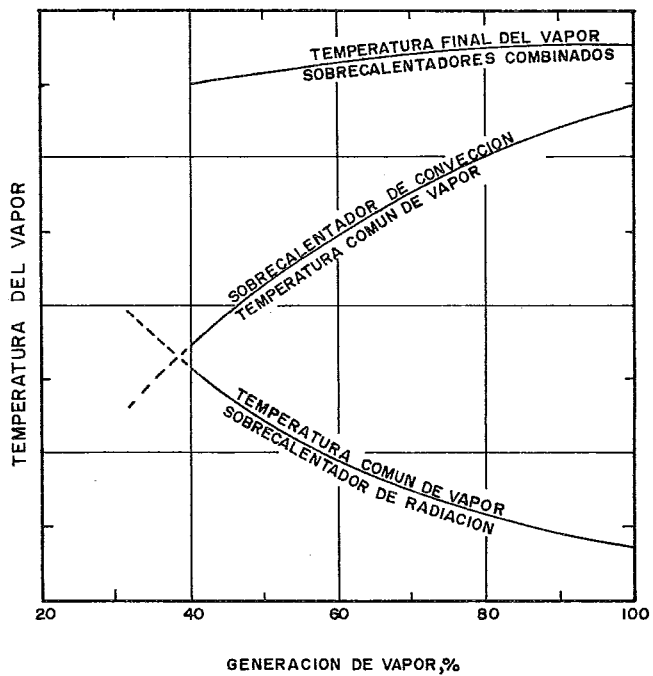


FIG. No. 14 COMPORTAMIENTO DEL SISTEMA COMBINADO DE SOBRECALENTADORES

No. 13 y 15).

El rango de masa velocidad del vapor en el sobrecalentador varía entre 100,000 a 1,000,000 lb/pie<sup>2</sup> o mayor dependiendo de la presión, temperaturas de gases y vapor y de la caída de presión tolerable en el sobrecalentador.

Los tubos son espaciados y de diámetro externo de 2 a 2 1/2 pulg. El uso de diámetros menores no se recomienda, ya que aumenta la caída de presión y se dificulta el alineamiento de los tubos.

El diseño del sobrecalentador involucra varios factores. Los más importantes son:

- 1) La temperatura deseada del vapor.
- 2) La superficie requerida para dar la temperatura del vapor.
- 3) La zona de temperatura de los gases en el cual va a estar localizado.
- 4) El tipo de material más adecuado a las condiciones de operación.
- 5) La masa velocidad del vapor, la cual está limitada por la caída de presión.
- 6) El arreglo de la superficie, que va en función de las características del combustible, por ejemplo, es espaciamiento de los tubos para evitar la acumulación de hollín.
- 7) El diseño físico y el tipo de sobrecalentador.

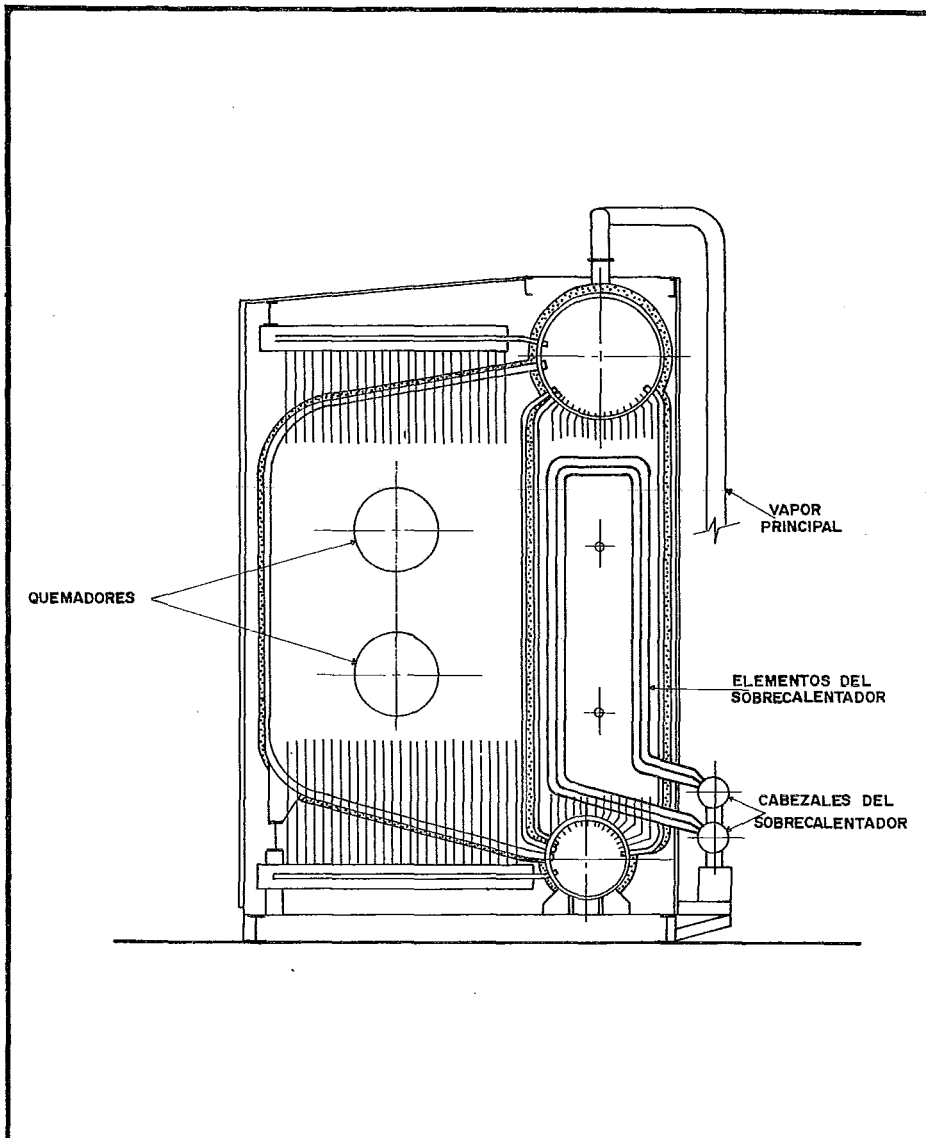


FIGURA No 15 LOCALIZACION DEL SOBRECALENTADOR	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES	
	Ma. TERESA PEREZ CAR- BAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA

### 3.3.5 ATEMPERADOR O DESOBRECALENTADOR

El control por atemperación significa que la temperatura del vapor sobrecalentado se reduce quitándole energía, dándole a la turbina las condiciones de temperatura precisas.

El desobrecalentador tipo spray, esprea agua directamente al vapor; el agua es evaporada por el vapor y la temperatura de la mezcla disminuye (Figura No. 16a).

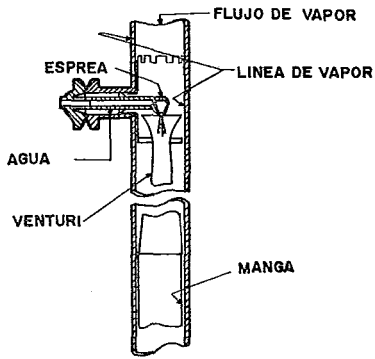
El desobrecalentador se localiza a la descarga del cabezal de salida del sobrecalentador o en algún paso intermedio de éste (Figura No. 16b).

### 3.3.6 BANCO GENERADOR

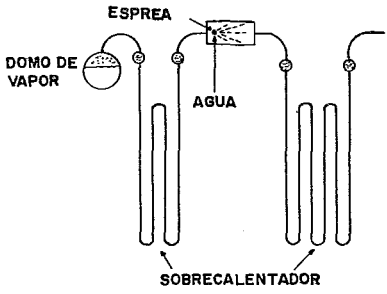
El banco generador es un haz de tubos vertical soportado en su parte superior por el domo de vapor y en su parte inferior por el domo de agua (Figuras No. 9 y 11).

Los tubos van reducidos de diámetro en sus extremos y éstos se unen a los domos (Figura No. 17b). Este diseño aumenta la capacidad de la caldera, ya que se puede colocar mayor número de tubos en el espacio disponible en los domos.

El banco generador se localiza después del sobrecalentador.

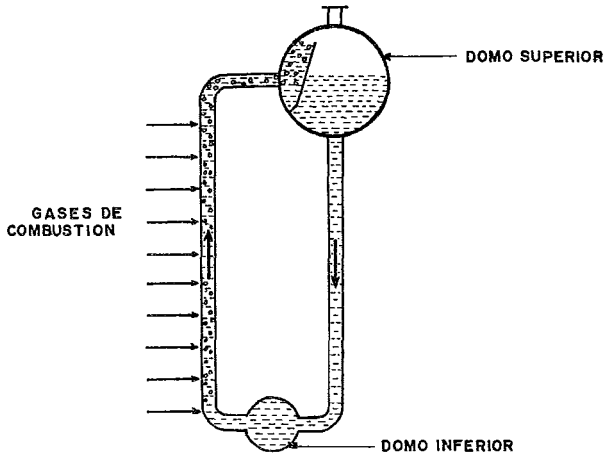


(a) CORTE - ESQUEMATICO

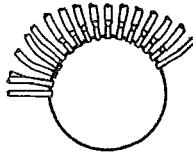


(b) LOCALIZACION

FIGURA No 16 DESOBRECALENTADOR	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES		
	Mo. TERESA PEREZ CAR- BAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA	U . N . A . M .



(a) BANCO GENERADOR ELEMENTAL



(b) TUBOS REDUCIDOS EN SUS EXTREMOS

FIGURA No 17  
BANCO  
GENERADOR

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Ma. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .



Tanto el hogar como el banco generador, tienen la característica de estar integrados por tubos en los que circula una mezcla de líquido y vapor o exclusivamente líquido, por lo que en estas secciones de la caldera se genera únicamente vapor saturado, el que se alimenta al domo superior (Figura No. 17a).

El diseño de la superficie del banco generador depende del tipo de unidad seleccionada y de la caída de temperatura y presión aceptable de los gases.

El objetivo en el diseño del banco generador es establecer la combinación del diámetro, espaciamiento, longitud y número de tubos; ancho y profundidad - del banco generador; mamparas para el gas que darán la caída de temperatura y presión permisible de los gases.

La superficie de calentamiento y la caída de presión están directamente relacionados con la masa velocidad de los gases de combustión.

### 3.3.7 DOMOS

Los tubos del banco generador y de las paredes de agua están soportados por los domos y en los cuales se interconectan.

En el domo superior se separa el vapor saturado de la mezcla agua vapor que descargan los tubos del hogar y del banco generador por medio de separadores (Figura No. 18a). El remanente de agua se recircula junto con el agua de alimentación. Debe ser lo suficientemente largo para corregir los cambios en el nivel de agua que ocurren debido a cambios en la alimentación. Tam-

bién sirve como recipiente para la alimentación de sustancias químicas para tratamiento interno .

El domo inferior funciona como tanque de lodos y purgas (Figuras No . 4a, 4b, 9, 15 y 18b).

### 3.3.8 EQUIPOS DE RECUPERACION DE CALOR

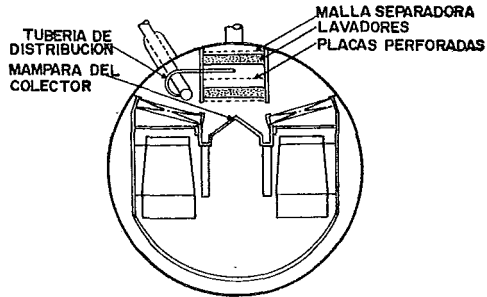
El nivel de la temperatura de los gases de combustión a la salida del banco generador es de 650 a 1,000 °F. Si los gases se escaparan a la atmósfera a esa temperatura, las pérdidas de eficiencia de la caldera serían intolerables.

Por medio de los equipos de recuperación de calor se ofrece la oportunidad de absorber el calor residual de los gases aumentando la eficiencia de la caldera .

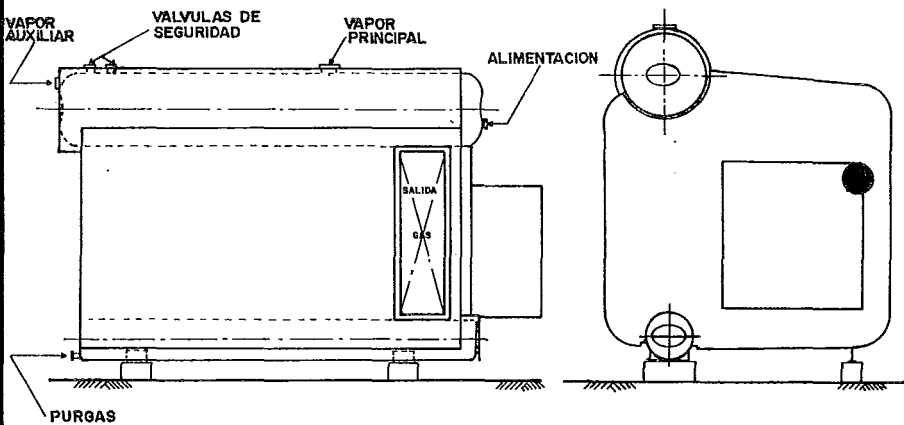
**RECALENTADOR.-** Este equipo se emplea para aprovechar el calor residual de los gases de combustión para sobrecalentar el vapor proveniente de alguna etapa intermedia de la turbina y lograr con esto incrementar la eficiencia termodinámica del ciclo y minimizar el problema de formación de condensado en la turbina .

Se localiza después del sobrecalentador en función de la temperatura de los gases de combustión y de la temperatura requerida del vapor recalentado .

**ECONOMIZADOR.-** Cuando el calor es absorbido por el agua de alimenta-



(a)- INTERNOS DEL DOMO SUPERIOR



(b)- LOCALIZACION DE LOS DOMOS

FIGURA No 18 DOMO SUPERIOR Y DOMO INFERIOR	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA ,ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES		
	Mg. TERESA PEREZ CAR- BAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA	U . N . A . M .

ción, el equipo se llama economizador y su función es mejorar la economía en el consumo de combustible.

Los economizadores tienen un arreglo en forma de banco de tubos conectados por dos cabezales (Figura No. 19).

Se recomienda que el flujo de agua del economizador sea ascendente, ya que reduce la posibilidad de que el vapor sea atrapado en uno de los tubos proporcionando unas condiciones de flujo estables y haciéndolo drenable.

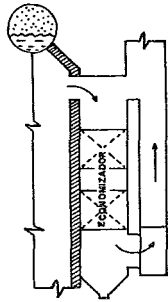
Para prevenir la evaporación del agua, la temperatura del agua a la salida del economizador, deberá ser por lo menos 50 °F abajo de su temperatura de saturación.

**PRECALENTADOR DE AIRE.**- Para recuperar algo o todo el calor residual de los gases, se usan precalentadores para aumentar la temperatura del aire necesario para la combustión. Su función no es sólo la de elevar la eficiencia de la caldera, sino proporcionar las condiciones necesarias para la combustión en el hogar, produciendo una alta temperatura y un menor tiempo de ignición, ambos casos repercuten en una disminución del consumo de combustible.

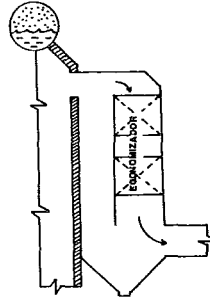
Existen tres tipos de precalentadores de aire:

- a) Precalentador de aire con vapor.
- b) Precalentador de aire tipo recuperativo.

VERTICAL

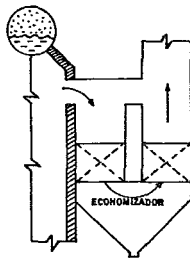


VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO



VENTILADOR DE TIRO FORZADO

DOBLE PASO



VENTILADOR DE TIRO INDUCIDO



VENTILADOR DE TIRO FORZADO

FIGURA No 19  
DISPOSICION DEL  
ECONOMIZADOR

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TÉCNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

M<sup>a</sup>. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

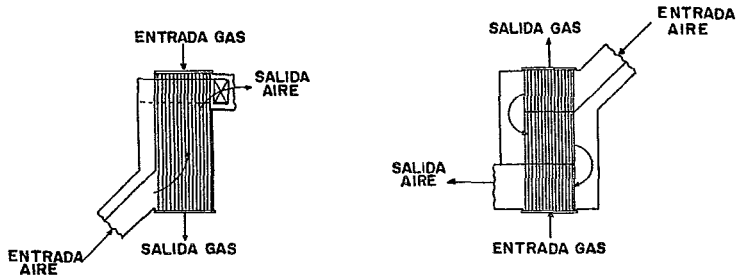
U . N . A . M .

c) Precalentador de aire tipo regenerativo.

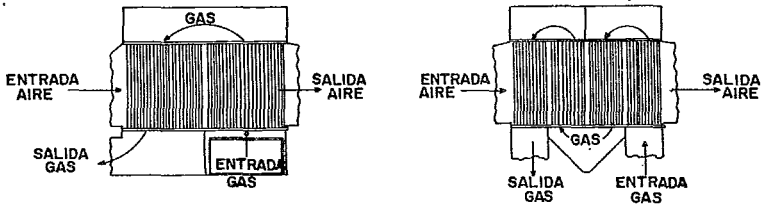
El precalentador de aire con vapor está localizado antes de otro tipo de precalentador, es decir, a la descarga del ventilador de tiro forzado, dentro del ducto de aire (Figura No. 4a). Es un tubo en forma de serpentín por el cual circula vapor saturado que se extrae de la turbina, calentando el aire frío -- que va hacia la caldera. Su principal objetivo es evitar que los gases de -- combustión lleguen al punto de rocío después de pasar por el precalentador -- de aire tipo regenerativo o tipo recuperativo.

El precalentador de aire tipo recuperativo (también llamado tubular), está -- constituido por tubos en posición vertical, en donde los gases circulan por -- dentro de los mismos, los cuales no van colocados en línea para mejorar la -- transferencia de calor. También es preferible que el flujo sea a contracorrien -- te entre el aire y los gases (Figura No. 20).

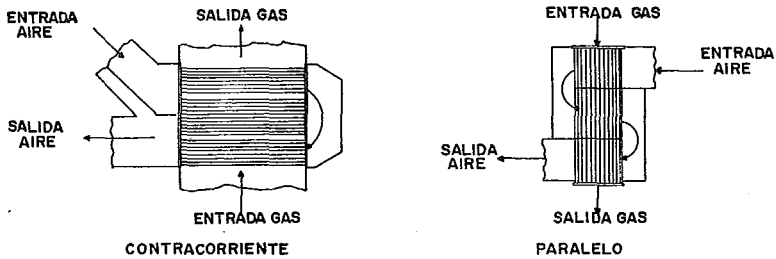
El precalentador de aire tipo regenerativo (también llamado Ljunstrom o rota -- torio) consiste en un cilindro rotatorio soportado en los extremos de la flecha -- del rotor, cuya estructura está provista de canastas segmentadas que contienen -- la superficie de transferencia de calor en forma de miles de laminillas metáli -- cas corrugadas. El cilindro gira a una velocidad de 2 a 4 rpm. y está monta -- do sobre un bastidor de forma cuadrangular dividido en dos secciones, una pa -- ra el flujo de aire y la otra para el flujo de gases de combustión (Figura No. 21a).



CONTRACORRIENTE



CONTRACORRIENTE



CONTRACORRIENTE

PARALELO

FIGURA No 20  
DISPOSICION DEL PRECALENTADOR DE AIRE TIPO RECUPERATIVO.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Ma. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .

El calor de los gases de combustión es absorbido uniformemente por las laminillas y transferido al aire frío que entra a contracorriente (Figura No. 21b).

Se puede usar en posición horizontal o vertical, dependiendo de las limitaciones de espacio que se tenga.

Algunas de las ventajas que tiene el precalentador de aire tipo regenerativo sobre el recuperativo son:

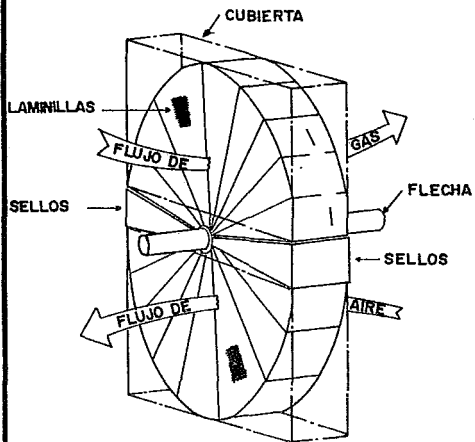
- 1) La eficiencia de la caldera es mayor en un 3 ó 4 %.
- 2) Para una misma eficiencia, el tipo recuperativo aumenta mucho de - precio, ya que se incrementa la longitud de los tubos y su volumen - sería muy grande (Figura No. 22).
- 3) Existe el peligro de corrosión en los tubos debido a la presencia de  $H_2S$  en los gases de combustión.
- 4) Mayor facilidad y menores costos de mantenimiento.

### 3.3.9 SOPLADORES DE HOLLIN

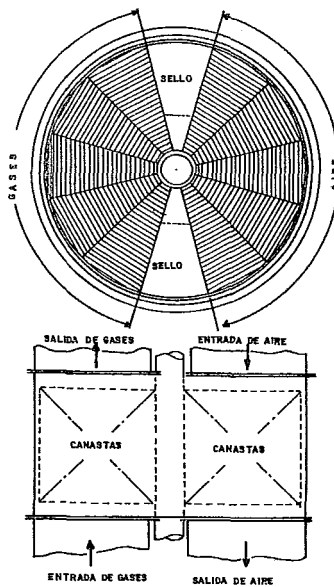
Las paredes del hogar y la zona de convección pueden ser limpiadas de hollín durante la operación de la caldera por medio del uso de sopladores de hollín ya sea con vapor o con aire (Figura No. 4a).

El depósito de cenizas en varias zonas de la caldera es un factor muy impor-





(a)



(b)

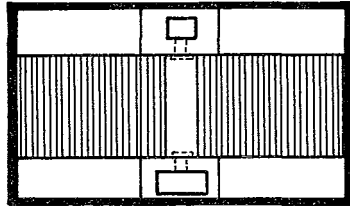
FIGURA No 21  
PRECALENTADOR DE  
AIRE TIPO  
REGENERATIVO

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL  
DE CALDERAS ACUOTUBULARES

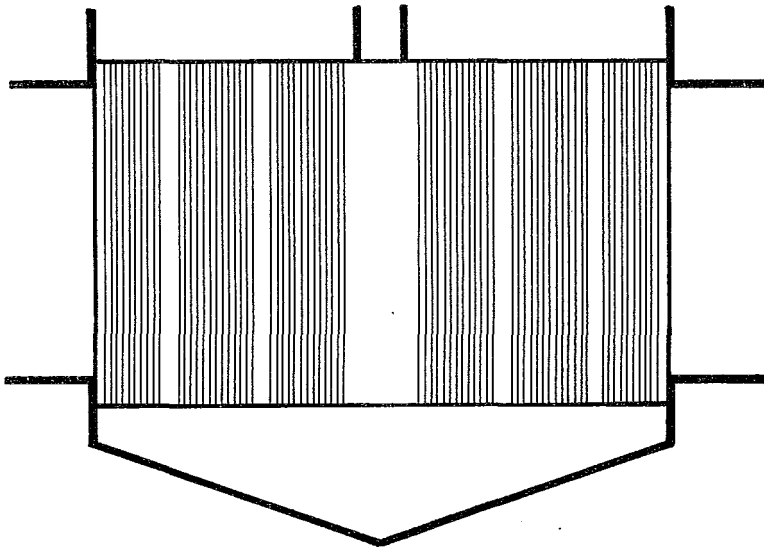
Ma. TERESA PEREZ CAR-  
BAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.



PRECALENTADOR DE AIRE REGENERATIVO



PRECALENTADOR DE AIRE RECUPERATIVO

FIGURA No 22 COMPARACION DE TA- MAÑOS DE PRECALEN- TADORES DE AIRE.	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES		
	Ma. TERESÁ PEREZ CAR- BAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA	U . N . A . M .

tante que hay que tomar en cuenta en el diseño y operación de la caldera ya que los depósitos de hollín sobre las paredes del hogar actúan como aislante, de tal modo que evita el enfriamiento de los gases, y en los bancos de tubos pueden bloquear el paso de éstos y obligar a parar la caldera para limpiarla manualmente.

### 3.3.10 VENTILADORES

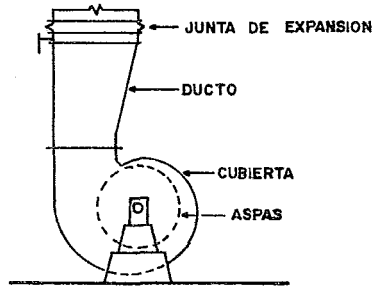
Estos equipos mecánicos se emplean para mover el aire para la combustión (tiro forzado) o bien, los gases de combustión (tiro inducido). Deberá suministrar la presión estática necesaria para vencer la resistencia al flujo de aire o gas a través de la caldera (Figura No. 23a).

Los accionadores que generalmente se usan para los ventiladores son motor eléctrico, turbina de vapor o gas, o motor diesel.

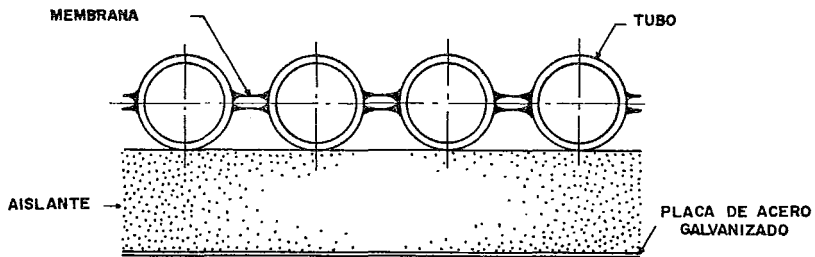
### 3.3.11 CHIMENEA

La chimenea se emplea para satisfacer las necesidades de tiro natural requerido para descargar los gases de combustión a la atmósfera y también para cumplir con los requerimientos de higiene ambiental mediante la reducción de los compuestos contaminantes que acompañan a los gases de combustión (Figura No. 4a).

Deberá llevar en su interior un recubrimiento de refractario y por el exterior



(a) -- PARTES DEL VENTILADOR



(b) -- CONSTRUCCION DEL ACABADO

FIGURA No 23  
 (a) -- VENTILADOR  
 (b) -- ACABADO DE LA CALDERA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA , ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

Ma. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U . N . A . M .

una capa de aislante para protección de los operadores.

### 3.3.12 ACABADO

El acabado de la caldera consiste en colocar como aislante una colcha de lana mineral de aproximadamente 4 pulg. de espesor, e inmediatamente después de los tubos de las paredes. A continuación se coloca una placa de acero galvanizado (Figura No. 23b).

El objetivo del acabado es darle protección a los operadores de la caldera, ya que de esta manera, en la superficie externa de ésta, sólo se tiene una temperatura de 40 a 45 °F.

#### 4. PROCEDIMIENTO DE ADQUISICION DE CALDERAS Y TABULACION DE COTIZACIONES

##### 4.1 GENERALIDADES

Debido a que en las industrias mencionadas, la caldera, dentro del sistema de generación de vapor, constituye uno de los equipos más importantes en el suministro de energía, y además tomando en cuenta que requiere una inversión inicial elevada y altos costos de operación anual, es necesario que se preste especial atención a su adquisición.

A continuación se presentan las diferentes fases por las que se pasan durante el desarrollo de un proyecto de adquisición.

##### 4.2 OPTIMIZACION DEL SISTEMA DE GENERACION DE VAPOR

Mediante la optimización del sistema de generación de vapor, se determina la capacidad de la caldera y las condiciones de operación más adecuadas. Esta optimización toma como base la integración de las diferentes plantas en las que se empleará el vapor como fluido motriz para turbinas y como medio de calentamiento.

##### 4.3 ELABORACION DEL PAQUETE DE REQUISICION

El paquete de requisición tiene como finalidad establecer los parámetros y características que permitan satisfacer las necesidades técnicas, económicas y

comerciales del usuario del equipo. Al mismo tiempo sirve para evitar que cada fabricante cotice, en algunos casos, equipos que no satisfagan estas necesidades.

Hay que planear su contenido, formato, redacción e idioma, ya que es necesario interesar al fabricante y darles oportunidad de presentar propuestas claras y completas.

Se utilizan formatos para la hoja de datos y cuestionarios técnico y comercial. Estos últimos sirven para unificar la información que los fabricantes deben proporcionar y evitar confusiones en los ingenieros involucrados en su evaluación.

Se debe tener especial cuidado en la redacción e idioma usados en estos documentos, para evitar una interpretación inadecuada, considerando que los fabricantes tendrán que traducir o comprender lo que se solicita.

#### 4.3.1 LISTA DE PROVEEDORES

La lista de proveedores es aquella en la que se mencionan todos los fabricantes invitados a cotizar técnica y comercialmente el equipo, indicando el lugar de procedencia de éstos. Deberá estar aprobada por el usuario.

#### 4.3.2 HOJA DE DATOS

El objetivo de la hoja de datos, es establecer las condiciones requeridas, a las cuales deberá operar la caldera y las características de sus auxiliares de

acuerdo a las disposiciones del usuario y a las que el fabricante se basará para diseñar la caldera (Formato No. 1).

#### 4.3.4 REQUISICION

Es el documento formal mediante el cual el cliente da a conocer a todos los fabricantes invitados a cotizar un determinado equipo, los siguientes puntos:

- 1) Cantidad, nombre y clave de los equipos.
- 2) Alcance de la adquisición (diseño y/o construcción del equipo).
- 3) Aclaración de que el fabricante deberá cumplir con la especificación general y los requisitos específicos del proyecto.
- 4) Garantía de comportamiento termodinámico, hidráulico, mecánico y estructural que el cliente exigirá al fabricante.
- 5) Notificación de la dirección en donde deberá mandarse la correspondencia de planos y dibujos.
- 6) Aclaración de que el inspector del usuario deberá tener las siguientes facilidades: libre acceso al taller del fabricante durante las etapas críticas de fabricación y para presenciar las pruebas a que se someta el equipo, indicando que esto no relevará al fabricante de sus responsabilidades.
- 7) Instrucciones para la transportación y empaque del equipo.

Mientras más detallada y específica sea la requisición, menos confusiones y



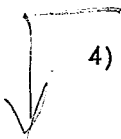
aclaraciones serán necesarias durante la evaluación y el proceso de adquisición.

#### 4.3.5 ESPECIFICACION GENERAL

Es la descripción general del equipo, en la que se establecen los lineamientos a los que el fabricante se tendrá que apegar estrictamente para que su propuesta sea considerada en el concurso y será la base para su diseño. Su contenido incluye:

- 1) Los códigos, normas y especificaciones con los que el fabricante deberá cumplir en su diseño y fabricación. Serán de aceptación y reconocimiento mundial, ya que así se asegura un buen diseño y funcionamiento del equipo. El código más utilizado en México, tanto para diseño como construcción y pruebas es el ASME.
- 2) Los requerimientos de fabricación, indicando el tipo de caldera y sus partes integrantes.
- 3) El tipo de inspección y prueba que se le hará al equipo durante la fabricación, el ensamble, la recepción en el lugar de la obra, el montaje y el arranque. Esto se puede llevar a cabo con la participación del cliente en lo que se refiere a pruebas en taller o en campo, consiste en atestiguar los resultados a través de un representante, agente o simplemente en el recibo del reporte de los mismos, pues de ellos se de-

riva la seguridad del cumplimiento de las garantías ofrecidas o bien la aplicación de la penalización.

- 
- 4) El procedimiento de empaque y protección durante la transportación y almacenamiento previo al montaje, ya que los daños sufridos por el equipo pueden afectar el programa de la obra más que los detectados durante la fabricación.
  - 5) Las partidas que no se requieren, ya sea porque serán suministradas - por otros proveedores o porque corran por cuenta del cliente, como el transporte y el montaje.
  - 6) El cuestionario técnico, en el cual el fabricante proporcionará todos aquellos factores físicos o de diseño del equipo que permitan establecer una evaluación técnica de las propuestas, información sobre el cumplimiento con garantías de comportamiento y la información técnica de éste (Formato No. 2).
  - 7) La información que requiere el cliente cuando se coloque la orden de compra al fabricante, como dibujos de arreglo general, detalle y construcción para su aprobación, instructivos de operación y mantenimiento y curvas características de quemadores.
  - 8) Las garantías que el fabricante dará al usuario en caso de diseño inadecuado, defectos de materiales, y fallas en general.

#### 4.3.5 REQUISITOS ESPECIFICOS

En los requisitos específicos del proyecto se le suministra al fabricante los datos y condiciones del lugar en donde se localizará la planta, tales como condiciones ambientales, velocidades de viento y factor sísmico; análisis de la composición de los combustibles usados para la operación de la caldera; los límites de batería o puntos terminales de la caldera, que se refieren a los flujos de los sistemas auxiliares, como combustible, agua de alimentación, aire comprimido, productos químicos y otros; modificaciones y adiciones a la especificación general en los puntos que no apliquen al proyecto.

#### 4.3.6 CUESTIONARIO COMERCIAL

En este cuestionario se le solicita al fabricante toda la información relacionada con los puntos comerciales para ser tomados en cuenta en la elaboración de la tabulación económica y comercial (Formato No. 3).

#### 4.4 EVALUACION TECNICA Y ECONOMICA

La evaluación de las propuestas se efectúa con el fin primordial de establecer las bases para la selección del proveedor que mejor satisfaga las necesidades del usuario con la menor cantidad de riesgos potenciales.

Para efectuar la evaluación se toma como base la información proporcionada en el paquete de requisición, así como la información suministrada por el fa-

bricante en su propuesta, de acuerdo con los cuestionarios técnico y comercial que se incluyen dentro del paquete de requisición (Formato No. 5).

#### 4.5 TABULACION DE COTIZACIONES

El objetivo de la tabulación es construir una tabla comparativa de los datos más importantes de la caldera, los cuales son suministrados por los fabricantes en los cuestionarios antes mencionados que se les envía para cotizar.

Las tabulaciones serán analizadas por el usuario o la firma de ingeniería responsable, de tal manera que se evitarán el revisar todas las cotizaciones que envían los fabricantes para concurso, las cuales contienen una gran cantidad de información que no es de importancia para hacer la selección de la propuesta más adecuada. Estas se tomarán como base para dicha selección, ya que se indican los parámetros esenciales para establecer que propuesta cumple con las necesidades del usuario, tanto técnicas como comerciales.

Es conveniente clasificar los puntos a evaluar en dos aspectos: el técnico, en donde se incorporarán los conceptos correspondientes a la ingeniería del equipo; y el comercial, en donde se analizará lo relacionado con el aspecto económico y los puntos contractuales. Por esta razón se recomienda elaborar una tabulación técnica y una tabulación comercial.

##### 4.5.1 TABULACION TECNICA

En la tabulación técnica se vacían las condiciones de operación de la calde-

ra y los datos de diseño del hogar, quemadores, pilotos, tubos pantalla, sobrecalentador, banco generador, domo superior e inferior, desobrecalentador, economizador, sopladores de hollín, precalentador de aire y sus accionadores, ventilador y sus accionadores, chimeneas, refractario y aislante (Formato - No. 4).

#### 4.5.2 TABULACION COMERCIAL

La tabulación comercial debe estar construída en base a todos aquellos aspectos comerciales provenientes del cuestionario comercial y de los económicos los cuales se tabulan según los resultados de la evaluación económica de cada fabricante.

En este formato se tabulan: los precios de la caldera, las partes de repuesto, supervisión para la erección de la caldera, el flete y el seguro, los costos fijos anuales, de operación anuales y totales anuales, valor presente total, el porcentaje de integración nacional para equipo y partes de repuesto, las garantías que ofrecen los fabricantes en la construcción y operación del equipo, las cláusulas de penalización por fallas y retraso en el tiempo de entrega, los tiempos de entrega de los dibujos y del equipo, los términos de pago, la validez de la oferta, las fórmulas de escalación por variación de precios, el peso del equipo listo para embarque, el lugar de entrega del equipo y el tiempo estimado de erección. Se deberá indicar si los fabricantes cumplen o no cumplen con los requisitos técnicos.

Ya hecha la selección se deberá anotar el fabricante seleccionado y las razones de su recomendación (Formato No. 6).

#### 4.6 ORDEN DE COMPRA

Mediante la orden de compra se establece el contrato oficial con el fabricante del equipo seleccionado.

Algunas veces es necesario emitir suplementos que permiten efectuar modificaciones o adiciones a la orden de compra.

PLANTA					
LOCALIZACION					
CLAVE					
No. UNIDADES					
<b>CALDERAS ACUOTUBULARES</b>					
HOJA DE DATOS					
<b>DATOS DE OPERACION</b>					
PICO C. M. C. 100%					
VAPOR GENERADO	mLb/h	mkg/h			
EFICIENCIA BASADA EN A. P. C.	%	%			
TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION	°f	°c			
TEMPERATURA DEL VAPOR GENERADO	°f	°c			
PRESION DEL AGUA DE ALIMENTACION	psig	kg/cm <sup>2</sup>			
PRESION DEL VAPOR GENERADO	psig	kg/cm <sup>2</sup>			
FLUX MAXIMO EN EL HOGAR	<sup>BTU</sup> /h ft <sup>2</sup>	<sup>KCAL</sup> /h m <sup>2</sup>			
LIBERACION VOLUMETRICA MAX. EN EL HOGAR	<sup>BTU</sup> /h ft <sup>3</sup>	<sup>KCAL</sup> /h m <sup>3</sup>			
CONCENTRACION MÁX. DE SOLIDOS EN VAPOR	ppm	TIPO DE CIRCULACION			
HUMEDAD DEL VAPOR	ppm	DURACION DEL PISO			h/DIA
<b>ANALISIS DEL AGUA</b>					
ALIMENTACION			MAX. EN LA CALDERA		
P H					
DUREZA	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
ALCALINIDAD	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
SILICE	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
FIERRO	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
COBRE	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
OXIGENO	ppm				
FOSFATOS	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
SULFITOS	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
ACEITE Y ORGANICOS	ppm				
SOLIDOS DISUELTOS	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
SOLIDOS SUSPENDIDOS	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
SOLIDOS TOTALES	ppm de CaCO <sub>3</sub>				
<b>CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE</b>					
COMBUSTOLEO			GAS		DE ARRANQUE
PESO MOLECULAR					
DENSIDAD	Lb/ft <sup>3</sup> /api	g/cm <sup>3</sup> /pal			
A.P.C. / B.P.C.	BTU/Lb	kcal/kg			
VISCOSIDAD	s. s. f	c. s			
PUNTO DE FLASHEO	°f	°c			
PUNTO DE CONGELACION	°f	°c			
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA. ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>					
FORMATO No. 1	MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.	

AUXILIARES			
		TEMPERATURA	PRESION
VAPOR DE ATOMIZACION	$^{\circ}f$ / psig	$^{\circ}c$ / kg / cm <sup>2</sup>	
VAPOR DE SOPLADORES	$^{\circ}f$ / psig	$^{\circ}c$ / kg / cm <sup>2</sup>	
AIRE DE INSTRUMENTOS	$^{\circ}f$ / psig	$^{\circ}c$ / kg / cm <sup>2</sup>	
ACCIONADORES			
MOTOR ELECTRICO PARA:	PRECALENTADOR DE AIRE	VENTILADOR	
TIPO			
NUMERO			
FASES / CICLOS / VOLTAJE			
TURBINA			
NUMERO	lb / h	kg / h	
TEMPERATURA DEL VAPOR ENTRADA	$^{\circ}f$	$^{\circ}c$	
PRESION DEL VAPOR ENTRADA / SALIDA	psig	kg / cm <sup>2</sup>	
MATERIALES			
TUBOS DEL HOGAR			
TUBOS PANTALLA			
TUBOS DEL SOBRECALENTADOR			
TUBOS DEL RECALENTADOR			
TUBOS DEL BANCO GENERADOR			
TUBOS DEL ECONOMIZADOR			
DESOBRECALENTADOR			
DOMO SUPERIOR			
DOMO INFERIOR			
INTERNOS			
TUBOS DEL PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR			
PRECALENTADOR DE AIRE			
DUCTOS			
CHIMENEA			
NOTAS:			
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA. ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
ENERGÉTICOS 1		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.



FABRICANTE			
PLANTA			
LOCALIZACION			
CLAVE			
No. UNIDADES			
<b>CALDERAS ACUOTUBULARES CUESTIONARIO TECNICO</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
TIPO			
DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	ft	
AREA TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO	mmbtu/h	kcal/h	
CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR	psi	kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA DE DISEÑO	°f	°c	
PRESION DE DISEÑO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
PESO DE LA CALDERA PARA EMBARQUE	mLb	ton	
PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	mLb	ton	
<b>DATOS DE OPERACION</b>			
PICO CMC 100%			
EFICIENCIA BASADA EN EL A.P.C.	%	%	
FLUJO DE:			
VAPOR GENERADO	Mlb/h	Mkg/h	
PURGAS	%	%	
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	
AIRE TEORICO	Mlb/h	Mkg/h	
EXCESO DE AIRE	%	%	
GASES A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	
TEMPERATURA DE:			
AGUA A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c	
VAPOR EN EL DOMO SUPERIOR	°f	°c	
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL HOGAR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DE LOS TUBOS PANTALLA	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL SOBRECALENTADOR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL RECALENTADOR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL BANCO GENERADOR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR			
PRESION:			
EN EL HOGAR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
EN EL DOMO SUPERIOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
FORMATO No. 2	<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>		
	<b>ENERGÉTICOS 1</b>	<b>FAC. QUIMICA</b>	<b>U. N. A. M.</b>

PICO C.M.C. 100%

DEL VAPOR A LA SALIDA DE LA VALVULA DE NO RETORNO	psig	kg/cm <sup>2</sup>			
<b>CALOR INTERCAMBIADO EN:</b>					
HOGAR	mmbtu/h	kcal/h			
TUBOS PANTALLA					
SOBRECALENTADOR					
RECALENTADOR					
BANCO GENERADOR					
ECONOMIZADOR					
PRECALENTADOR DE AIRE					
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR					
<b>PERDIDAS DE CALOR POR:</b>					
VAPOR DE AGUA EN EL AIRE PARA COMBUSTION					
AGUA EN EL COMBUSTIBLE					
HUMEDAD PRODUCIDA EN LA COMBUSTION					
COMBUSTIBLE NO QUEMADO					
RADIACION					
OTROS					
<b>FLUX DE CALOR PROMEDIO EN:</b>					
HOGAR	btu/hft <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>			
TUBOS PANTALLA					
SOBRECALENTADOR					
RECALENTADOR					
BANCO GENERADOR					
ECONOMIZADOR					
PRECALENTADOR DE AIRE					
<b>TEMPERATURA MAXIMA DE PARED EN:</b>					
HOGAR	°f	°c			
TUBOS PANTALLA					
SOBRECALENTADOR					
RECALENTADOR					
BANCO GENERADOR					
ECONOMIZADOR					
PRECALENTADOR DE AIRE					
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR					
<b>TEMPERATURA DE DISEÑO EN:</b>					
HOGAR	°f	°c			
TUBOS PANTALLA					
SOBRECALENTADOR					
RECALENTADOR					
BANCO GENERADOR					
ECONOMIZADOR					
PRECALENTADOR DE AIRE					
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR					

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

			PICO	CMC	100%
<b>CAIDA DE PRESION DENTRO DE TUBOS EN :</b>					
<b>SOBRECALENTADOR</b>	psig	kg/cm <sup>2</sup>			
<b>RECALENTADOR</b>	↓	↓			
<b>BANCO GENERADOR</b>					
<b>ECONOMIZADOR</b>	↓	↓			
<b>CAIDA DE PRESION DEL AIRE EN :</b>					
<b>VENTILADOR</b>	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O			
<b>DUCTOS</b>	↓	↓			
<b>PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR</b>					
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>	↓	↓			
<b>QUEMADORES</b>	↓	↓			
<b>PERDIDA DE TIRO EN :</b>					
<b>HOGAR</b>	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O			
<b>TUBOS PANTALLA</b>					
<b>SOBRECALENTADOR</b>					
<b>RECALENTADOR</b>					
<b>BANCO GENERADOR</b>					
<b>ECONOMIZADOR</b>					
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>					
<b>DUCTOS</b>					
<b>CHIMENEA</b>					

**DATOS DE DISEÑO**

**HOGAR**

LIBERACION VOLUNTARIA DE CALOR	btu/h ft <sup>3</sup>	kcal/hm <sup>3</sup>
DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	m
VOLUMEN	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
AREA PROYECTADA EFECTIVA	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>
<b>TIPO DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO/ESPACIAMIENTO EN :</b>		
<b>PISO</b>	/in/in	/mm/mm
<b>TECHO</b>	↓	↓
<b>PAREDES LATERALES</b>		
<b>PARED DE QUEMADORES</b>		
<b>PARED POSTERIOR</b>	↓	↓
<b>PARED DIVISORA</b>	↓	↓
<b>ESPESOR/MATERIAL/TEMPERATURA MAXIMA EN :</b>		
<b>PISO</b>	in/ °f	mm/ °c
<b>TECHO</b>	↓	↓
<b>PAREDES LATERALES</b>		
<b>PARED DE QUEMADORES</b>		
<b>PARED POSTERIOR</b>	↓	↓
<b>PARED DIVISORA</b>	↓	↓

**PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES**

**MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO**

**FAC. QUIMICA**

**U. N. A. M.**

<b>QUEMADORES</b>			
TIPO			
NUMERO			
PRESION REQUERIDA PARA:			
COMBUSTOLEO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
GAS	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
DIESEL	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE:			
PICO	mlb/h	mkg/h	
C.M.C.	mlb/h	mkg/h	
100%	mlb/h	mkg/h	
LIBERACION MAXIMA DE CALOR POR QUEMADOR	mmbtu/h	kcal/h	
<b>PILOTOS</b>			
TIPO			
NUMERO			
PRESION REQUERIDA PARA EL COMBUSTIBLE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PILOTO	Lb/h	kg/h	
<b>SISTEMA DE ATOMIZACION</b>			
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA DEL VAPOR	°f	°c	
CONSUMO DE VAPOR	Lbv/Lbc	kgv/kgc	
<b>TUBOS PANTALLA</b>			
HILERAS			
TUBOS POR HILERA			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
LONGITUD	ft	m	
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	
ESPESOR	in	mm	
MATERIAL			
<b>SOBRECALENTADOR</b>			
NUMERO			
TIPO			PRIMARIO    SECUNDARIO
AREA DE RADIACION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
AREA DE CONVECCION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
NUMERO TOTAL DE TUBOS			
HILERAS			
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			
NUMERO TOTAL DE HORQUILLAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	
LONGITUD / ANCHO	ft	m	
ESPESOR	in	mm	
MATERIAL			
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

<b>BANCO GENERADOR</b>			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
LONGITUD / ANCHO / ALTURA	ft	m	
NUMERO TOTAL DE TUBOS			
<b>HILERAS</b>			
TUBOS POR HILERAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	
ESPEJOR	in	mm	
<b>MATERIAL</b>			
NUMERO DE PASOS			
<b>DOMO SUPERIOR</b>			
DISTANCIA ENTRE DOMOS	ft	m	
DIAMETRO INTERNO	in	mm	
LONGITUD	ft	m	
ESPEJOR	in	mm	
<b>MATERIAL</b>			
<b>INTERNOS</b>			
ESPEJOR DE MAMPARAS	in	mm	
ESPEJOR DE LA CAJA	in	mm	
ESPEJOR DE SEPARADORES	in	mm	
ESPEJOR DE LAVADORES	in	mm	
<b>DOMO INFERIOR</b>			
DIAMETRO INTERNO	in	mm	
LONGITUD	ft	m	
ESPEJOR	in	mm	
<b>MATERIAL</b>			
<b>DESOBRECALENTADOR</b>			
<b>TIPO</b>			
FLUJO DE AGUA	Lb/h	kg/h	
DIAMETRO	in	mm	
LONGITUD	in	mm	
<b>MATERIAL</b>			
<b>ECONOMIZADOR</b>			
<b>AREA TOTAL</b>			
<b>TIPO DE TUBOS</b>			
<b>NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA</b>			
<b>HILERAS</b>			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
<b>MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO</b>		<b>FAC. QUIMICA</b>	<b>U. N. A. M.</b>

ESPESOR	in	mm	
MATERIAL			
TIPO DE FLUJO			
POSICION			
SOPLADORES DE HOLLIN			
TIPO			
NUMERO			
LOCALIZACION			
CONSUMO DE VAPOR POR CICLO	Lb/c	kg/c	
NUMERO DE CICLOS	c/dia	c/dia	
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA DEL VAPOR			
PRECALENTADOR DE AIRE			
TIPO			
NUMERO			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	
ANCHO / ALTURA	ft	m	
DIAMETRO	ft	m	
TIPO DE FLUJO			
PERDIDAS DE AIRE	%	%	
ACCIONADOR DEL PRECALENTADOR DE AIRE			
TIPO			
POTENCIA NOMINAL	hp	kw	
VELOCIDAD	RPM	RPM	
REDUCTOR DE VELOCIDAD			
TIPO			
RELACION DE REDUCCION			
MOTOR DE AIRE			
TIPO			
FLUJO DE AIRE	Lb/h	kg/h	
PRESION DEL AIRE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA DEL AIRE	*f	*C	
VENTILADOR			
TIPO			
CAPACIDAD A:			
PICO	mLb/h	mkg/h	
C. M. C.	mLb/h	mkg/h	
100 %	mLb/h	mkg/h	
PRESION ESTATICA A LA SALIDA	in h <sub>2</sub> O	mmh <sub>2</sub> O	
POTENCIA	hp	kw	
EFICIENCIA A C. M. C.	%	%	
VELOCIDAD MAXIMA DE LA FLECHA	RPM	RPM	
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

DIAMETRO DE LA FLECHA	in	mm	
DIAMETRO DEL VENTILADOR	ft	m	
<b>ACCIONADORES DEL VENTILADOR</b>			
<b>MOTOR ELECTRICO:</b>			
TIPO			
MATERIAL DE LA CUBIERTA			
POTENCIA NOMINAL / EFICIENCIA A:			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
TURBINA:			
TIPO			
CONSUMO DE VAPOR A:			
PICO			
C.M.C.			
100 %			
POTENCIA / EFICIENCIA A:			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
<b>MOTOR DE DIESEL:</b>			
TIPO			
CONSUMO DE DIESEL A:			
PICO	Lb/h	kg/h	
C.M.C.	Lb/h	kg/h	
100 %	Lb/h	kg/h	
POTENCIA / EFICIENCIA A:			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
<b>CHIMENEA</b>			
NUMERO			
DIAMETRO INTERNO	ft	m	
ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	
MATERIAL			
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO			
MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO			
<b>DUCTOS</b>			
DE AIRE:			
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA			
ESPESOR			
in mm			
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA. ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

MATERIAL DE GASES:			
DIMENSIONES	LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m
ESPESOR		in	mm
MATERIAL			
<b>REFRACTARIO</b>			
TIPO			
ESPESOR EN LA CALDERA		in	mm
ESPESOR EN LA CHIMENEA		in	mm
MATERIAL			
DENSIDAD		Lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>
LOCALIZACION EN LA CALDERA			
<b>AI SLAMIENTO</b>			
TIPO			
ESPESOR EN LA CALDERA		in	mm
ESPESOR EN LA CHIMENEA		in	mm
MATERIAL			
DENSIDAD		lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>
LOCALIZACION			
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.



## ALCANCE DEL SUMINISTRO

	SI	NO
1. Caldera.	_____	_____
2. Sobrecalentador.	_____	_____
3. Quemadores.	_____	_____
4. Control de seguridad para quemadores.	_____	_____
5. Control de combustión y de agua de alimentación.	_____	_____
6. Válvula de paro para agua de alimentación.	_____	_____
7. Válvula de paro para el vapor principal.	_____	_____
8. Aislante.	_____	_____
9. Válvulas de seguridad.	_____	_____
10. Plataformas y escaleras.	_____	_____
11. Chimenea.	_____	_____
12. Ductos de aire.	_____	_____
13. Ductos de gases de combustión.	_____	_____
14. Pre calentador de aire.	_____	_____
15. Ventilador de tiro forzado.	_____	_____
16. Accionadores del ventilador.	_____	_____
17. Sopladores de hollín.	_____	_____
18. Instrumentación.	_____	_____
19. Tableros de control local y general.	_____	_____

	SI	NO
20. Tubería para agua de alimentación, vapor y combustible hasta 10 metros de la caldera.	_____	_____
21. Tanque de purgas.	_____	_____
22. Pintura	_____	_____
23. Empaque y protección.	_____	_____
24. Herramientas especiales.	_____	_____
25. Inspección y prueba en el taller.	_____	_____
26. Desobrecalentador.	_____	_____
27. Precalentador de aire con vapor.	_____	_____
28. Bomba de alimentación.	_____	_____
29. Prueba hidrostática en campo.	_____	_____
30. Tubería, válvulas y accesorios hasta la válvula de no retorno del vapor.	_____	_____
31. Tubería para combustible, vapor de atomización y gas de pilotos hasta quemadores y pilotos.	_____	_____
32. Válvulas by-pass, estranguladoras, trampas de vapor, estaciones de reducción de presión, medidores de presión y de temperatura y apagadores manuales para el manejo completo del sistema de combustión.	_____	_____
33. Tubería, válvulas reguladoras y by-pass para agua	_____	_____



	SI	NO
de alimentación.	_____	_____
34. Alambrado para el sistema de control.	_____	_____
35. Arrancadores y estaciones de control para motores eléctricos.	_____	_____
36. Tubería y accesorios de cobre, tubería de acero y materiales de instalación que se requieran para conectar el equipo de control neumático.	_____	_____

FABRICANTE		
PLANTA		
LOCALIZACION		
CLAVE		
No. UNIDADES		
<b>CALDERAS ACUOTUBULARES</b> CUESTIONARIO COMERCIAL		
PRECIO DE :		
CALDERA	\$ M.N.	
AISLANTE	\$ M.N.	
REFRACTARIO	\$ M.N.	
PLATAFORMA Y ESCALERA	\$ M.N.	
CHIMENEA	\$ M.N.	
PRECALENTADOR DE AIRE	\$ M.N.	
VENTILADOR	\$ M.N.	
SOPLADORES DE HOLLIN	\$ M.N.	
EMPAQUE Y PROTECCION	\$ M.N.	
INSPECCION Y PRUEBA EN EL TALLER		
DESOBRECALENTADOR	\$ M.N.	
TABLEROS DE CONTROL	\$ M.N.	
INSTRUMENTACION	\$ M.N.	
PARTES DE REPUESTO	\$ M.N.	
PARTES DE SERVICIO	\$ M.N.	
SUPERVISION PARA ERECCION	\$ M.N.	
FLETE Y SEGURO DE :		
TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	
TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO	\$ M.N.	
FRONTERA O PUERTO MEX. ALLUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	
INTEGRACION NACIONAL :		
PARA EQUIPO	%	
PARA PARTES DE REPUESTO	%	
GARANTIAS		
CLAUSULAS DE PENALIZACION		
TIEMPO DE ENTREGA DE DIBUJOS	SEMANAS	
TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPO	SEMANAS	
TERMINOS DE PAGO		
VALIDEZ DE LA OFERTA	DIAS	
ESCALACION		
LUGAR DE ENTREGA DEL EQUIPO		
NOTAS :		
FORMATO No. 3	<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>	
	MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA U. N. A. M.

TABULACION TECNICA DE COTIZACIONES DE CALDERAS				DESCRIPCION LOCALIZACION _____ FECHA _____					
CLAVE _____ SERVICIO _____		UNIDADES		BASE	F A B R I C A N T E S .				
DESCRIPCION									
<b>CONDICIONES DE OPERACION</b>									
1	VAPOR GENERADO 100%	Lb/h	ton/h						
2	PRESION DE AGUA DE ALIMENTACION	psig	Kg/cm <sup>2</sup> m						
3	TEMPERATURA DE AGUA DE ALIMENTACION	°F	°C						
4	PRESION DEL VAPOR GENERADO	psig	Kg/cm <sup>2</sup> m						
5	TEMPERATURA DEL VAPOR GENERADO	°F	°C						
6	CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR DE AGUA	psi	Kg/cm <sup>2</sup>						
7	PURGAS	%	%						
8	CALOR TOTAL LIBERADO 100%	MMBTU/h	MMKcal/h						
9	EFICIENCIA 100%	%	%						
10	CUMPLE REQUISITOS								
<b>DATOS DE DISEÑO</b>									
11	SUPERFICIE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	pies <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>						
12	DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	pies	m						
13	PRESION DE DISEÑO	psig	Kg/cm <sup>2</sup> m						
14	PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	Lb	Kg						
15	CUMPLE REQUISITOS								
<b>HOGAR</b>									
16	FLUX DE CALOR	BTU/h pie <sup>2</sup>	Kcal/h m <sup>2</sup>						
17	LIBERACION VOLUMETRICA DE CALOR	BTU/h pie <sup>3</sup>	Kcal/h m <sup>3</sup>						
18	DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	pies	m						
19	AREA PROYECTADA	pies <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>						
TIPOS DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO EN:									
20	PISO	/pulg.	/mm						
21	TECHO	/pulg.	/mm						
22	PARED LATERAL	/pulg.	/mm						
23	PARED DIVISORIA	/pulg.	/mm						
24	PARED OPUESTA	/pulg.	/mm						
25	PARED DE QUEMADORES	/pulg.	/mm						
ESPESOR DE TUBOS / MATERIAL EN:									
26	PISO	pulg./	mm/						
27	TECHO	pulg./	mm/						
28	PARED LATERAL	pulg./	mm/						
29	PARED DIVISORIA	pulg./	mm/						
30	PARED OPUESTA	pulg./	mm/						
31	PARED DE QUEMADORES	pulg./	mm/						
32	CUMPLE REQUISITOS								
<b>QUEMADORES</b>									
33	TIPO/NUMERO								
34	PRESION REQUERIDA DEL COMBUSTIBLE	psig	Kg/cm <sup>2</sup> m						
35	CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE 100%	MLb/h	MKg/h						
36	EXCESO DE AIRE 100%	%	%						
37	CONSUMO DE VAPOR DE ATOMIZACION	Lbv/Lbc	Kgv/Kgc						
38	CUMPLE REQUISITOS								
<b>PILOTOS</b>									
39	TIPO/NUMERO								
40	PRESION REQUERIDA DEL COMBUSTIBLE	psig	Kg/cm <sup>2</sup> m						
41	CUMPLE REQUISITOS								

FORMATO No. 4	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES		
	MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO.	FACULTAD DE QUIMICA.	U. N. A. M.

**TABULACION TECNICA DE COTIZACIONES DE CALDERAS**

DESCRIPCION \_\_\_\_\_ HOJA \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

CLAVE _____ SERVICIO _____		UNIDADES	BASE	F A B R I C A N T E S				
DESCRIPCION								
<b>TUBOS PANTALLA</b>								
42	NUMERO DE TUBOS							
43	DIAMETRO EXTERNO/ LONGITUD	pulg / pies	mm / m					
44	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
45	CUMPLE REQUISITOS							
<b>SOBRECALENTADOR</b>								
46	TIPO/NUMERO							
47	DIAMETRO EXTERNO / LONGITUD	pulg / pies	mm / m					
48	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
49	CUMPLE REQUISITOS							
<b>BANCO GENERADOR</b>								
50	DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	pies	m					
51	NUMERO DE TUBOS							
52	DIAMETRO EXTERNO / LONGITUD DE TUBOS	pulg / pies	mm / m					
53	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
54	CUMPLE REQUISITOS							
<b>DOMO SUPERIOR</b>								
55	DIAMETRO INTERIOR / LONGITUD	pulg / pies	mm / m					
56	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
57	MATERIAL DE INTERNOS							
58	CUMPLE REQUISITOS							
<b>DOMO INFERIOR</b>								
59	DIAMETRO INTERNO / LONGITUD	pulg / pies	mm / m					
60	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
61	CUMPLE REQUISITOS							
<b>DESOBRECALENTADOR</b>								
62	TIPO							
63	DIAMETRO EXTERNO / LONGITUD	pulg / pies	mm / m					
64	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
65	CUMPLE REQUISITOS							
<b>ECONOMIZADOR</b>								
66	POSICION							
67	TIPO DE TUBOS / NUMERO							
68	DIAMETRO / LONGITUD	pulg / pies	mm / m					
69	ESPEJOR / MATERIAL	pulg /	mm /					
70	CUMPLE REQUISITOS							
<b>SOPLADORES DE HOLLIN</b>								
71	TIPO / NUMERO							
72	CONSUMO TOTAL DE VAPOR	Lb/h	Kg/h					
73	CUMPLE REQUISITOS							
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>								
74	TIPO / NUMERO							
75	DIMENSIONES DIAMETRO / ANCHO / ALTURA	pies	m					
76	CUMPLE REQUISITOS							

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FACULTAD DE QUIMICA

U . N . A . M .

**TABULACION TECNICA DE COTIZACIONES  
DE CALDERAS**

HOJA \_\_\_\_\_ DE \_\_\_\_\_  
DESCRIPCION \_\_\_\_\_  
LOCALIZACION \_\_\_\_\_ FECHA \_\_\_\_\_

CLAVE _____ SERVICIO _____		UNIDADES		BASE	F A B R I C A N T E S				
DESCRIPCION									
	<b>ACCIONADOR DEL PREC. DEL AIRE</b>								
77	TIPO/ POTENCIA	/HP	/KW						
78	VELOCIDAD	RPM	RPM						
79	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>								
80	TIPO/RELACION DE REDUCCION								
81	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>MOTOR DE AIRE</b>								
82	TIPO								
83	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>VENTILADOR</b>								
84	TIPO DE TIRO								
85	DIAMETRO	pies	m						
86	POTENCIA	HP	KW						
87	PRESION ESTATICA A LA SALIDA	pulg H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O						
88	EFICIENCIA	%	%						
89	MATERIAL DE LAS ASPAS								
90	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>ACCIONADORES DEL VENTILADOR</b>								
91	TIPO POTENCIA: 100%	/HP	/KW						
92	TIPO POTENCIA: 100%	/HP	/KW						
93	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>CHIMENEA</b>								
94	NUMERO/DIAMETRO INTERNO	/pies	/m						
95	ALTURA/MATERIAL	pies	m						
96	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>DUCTOS</b>								
	DIMENSIONES: LARGO/ANCHO/ALTURA								
97	DEL VENTILADOR A LA CAJA DE AIRE	pies	m						
98	DE LA CALDERA A LA CHIMENEA	pies	m						
99	MATERIAL								
100	CUMPLE REQUISITOS								
	<b>REFRACTARIO</b>								
101	ESPECIFICACION ASTM								
102	CUMPLE REQUISITOS								
	<b> AISLANTE</b>								
103	ESPECIFICACION ASTM								
104	CUMPLE REQUISITOS								

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.







## 5. EVALUACION TECNICA

En este capítulo se presenta una propuesta para efectuar la evaluación térmica y mecánica de las calderas acuatubulares, tomando como base la predicción y comportamiento del equipo, empleando procedimientos de cálculo confiables.

### 5.1 EVALUACION TERMICA

Este trabajo no pretende establecer una comparación de los diferentes métodos para efectuar la evaluación térmica de la caldera, ya que ésta, en su parte medular que es la cámara de radiación fue realizada por: José Torres Lugo y Jorge Sobrevilla Calvo, en la tesis titulada "Generadores de Vapor, Evaluación Térmica y Selección", por lo que aquí únicamente se utiliza el método propuesto por ésta, para establecer una secuencia de cálculo con el objeto de llevar a cabo la evaluación térmica de la caldera.

El método está basado en los principios de transferencia de calor y en las ecuaciones que describen los mecanismos de convección, conducción y radiación, de los cuales se hizo una breve descripción en el Capítulo 2 de esta tesis.

El algoritmo de evaluación térmica ha sido probado con datos de calderas en operación obteniéndose resultados satisfactorios. Se ha utilizado en la predicción de comportamiento de las calderas propuestas por diversos fabricantes y ha arrojado resultados que permiten seleccionar adecuadamente la mejor -

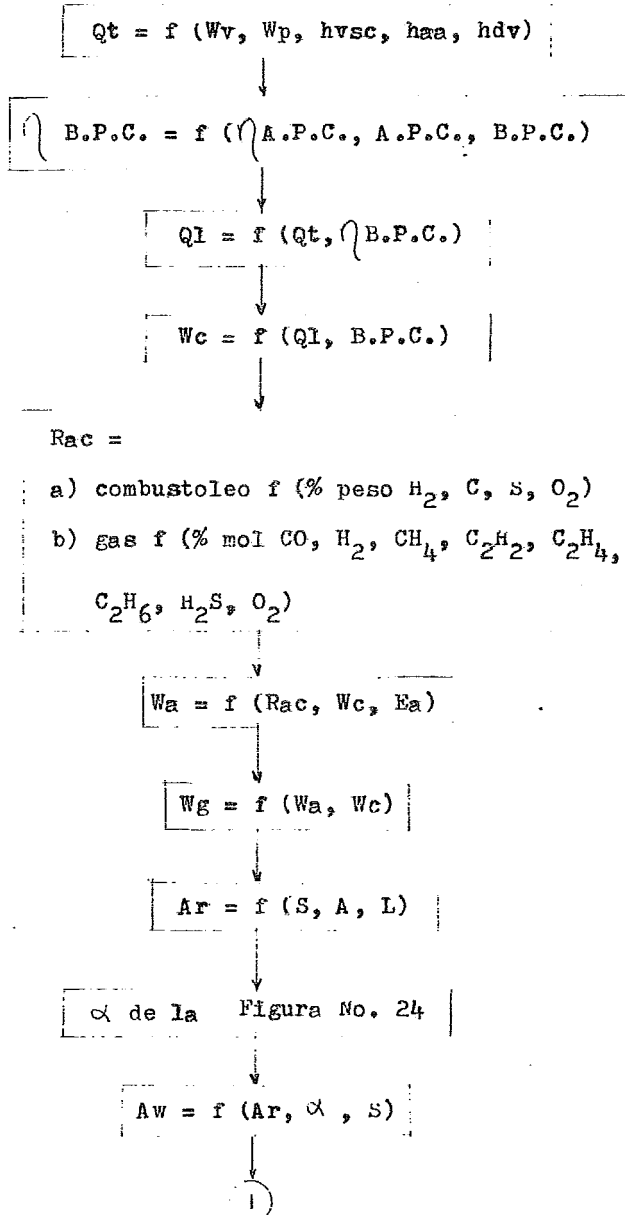
propuesta desde el punto de vista técnico.

Es conveniente señalar que no fue posible reproducir las ecuaciones empleadas en forma explícita, debido a que constituyen información confidencial - del Instituto Mexicano del Petróleo por lo que únicamente se muestran algunas gráficas mediante las cuales se puede hacer una predicción de las variables, para ilustrar su comportamiento (8).

A continuación se ilustra en forma general la secuencia de cálculo mediante un diagrama de flujo.

ALGORITMO DE CALCULO.-

HOGAR :



1

p de la Figura No. 25

l de la Tabla No.

Suponer Tg

Eg de la Figura No. 26 (A)

$$qc/Ql = f(Wc, Cpc, tc, tr, Ql)$$

$$qa/Ql = f(Qpa, Ql)$$

qg/Ql de la Figura No. 27

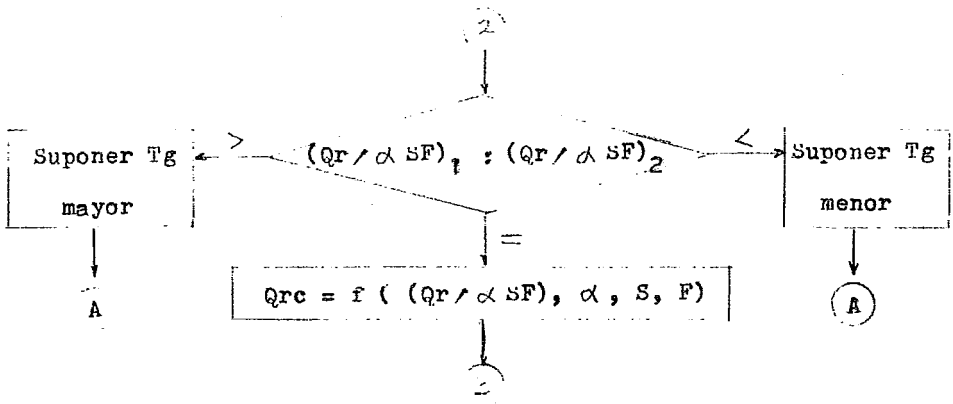
F de la Figura No. 28

$$(Qr/\alpha SF)_1 = f(qa/Ql, qc/Ql, qg/Ql, Ql, \alpha, s, F)$$

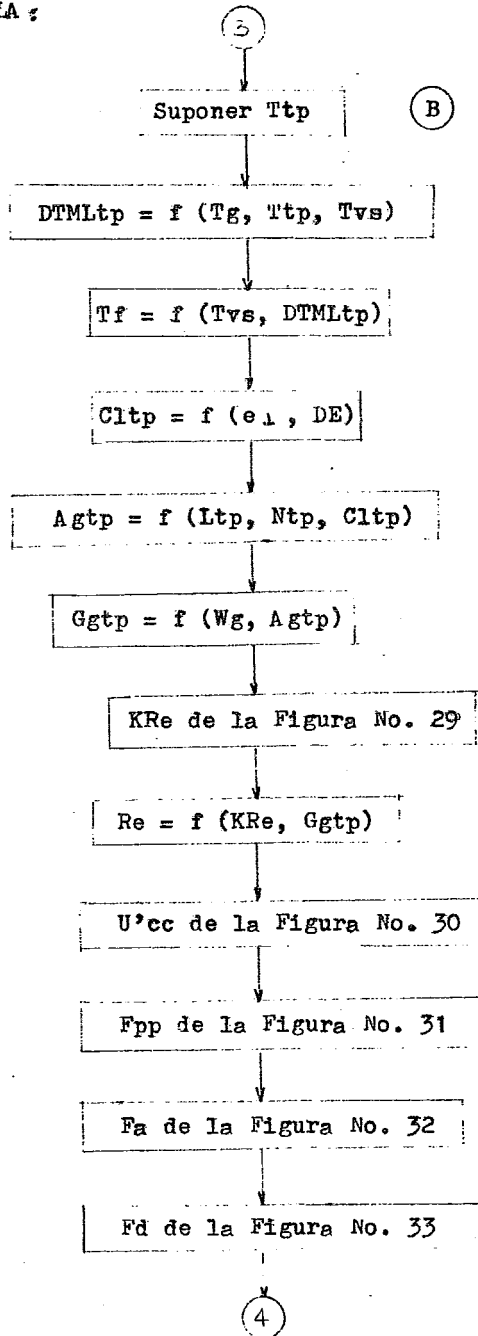
$$Tt = f(Tvs)$$

$$(Qr/\alpha SF)_2 = f(Tg, Tt)$$

2



TUBOS PANTALLA :



4

$$Ucg = f(U'cc, Fpp, Fa, Fd)$$

$$t's = f(Tvs)$$

U'r de la Figura No. 34

1/DE de la Figura No. 35

$$l = f(1/DE, DE)$$

k de la Figura No. 36

$$Aftp = f(atp, Ltp)$$

$$Aatp = f(Aftp)$$

$$Atp = f(DE, Ltp, Ntp, Htp)$$

$$Fs = f(Atp, Aatp)$$

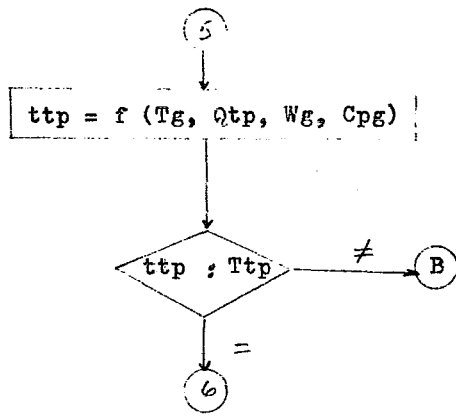
$$Urg = f(U'r, k, Fs)$$

$$Utp = f(Ucg, Urg)$$

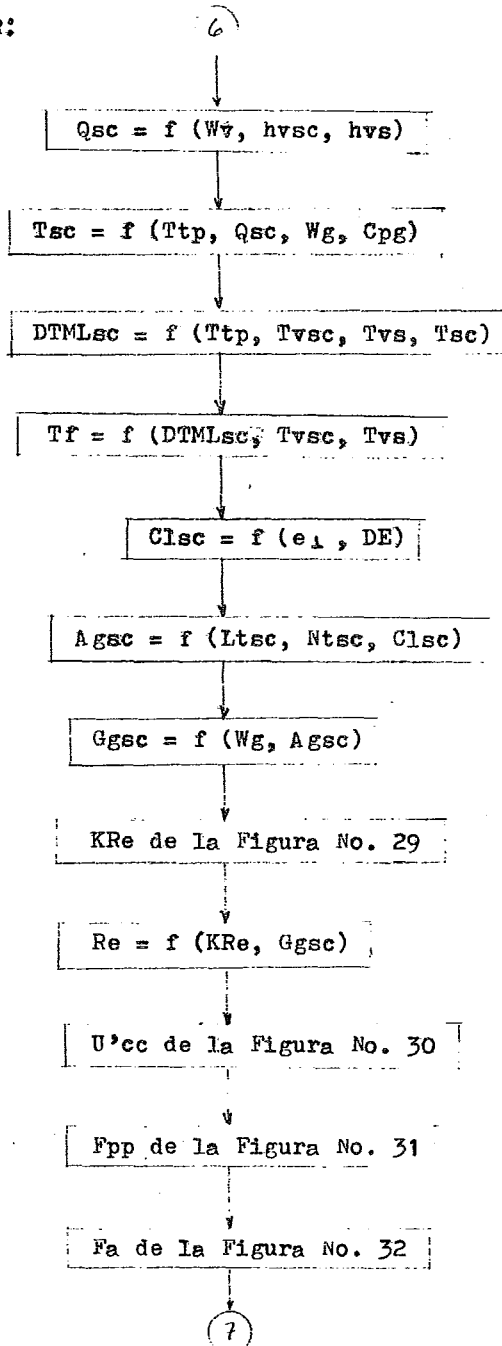
$$Qtp = f(Utp, Atp, DTMLtp)$$

5





SOBRECALENTADOR:



7

Fd de la Figura No. 33

$U_{cg} = f(U'_{cc}, F_{pp}, F_a, F_d)$

$t's = f(Tvsc)$

U'r de la Figura No. 34

1/DE de la Figura No. 35

$i = f(1/DE, DE)$

k de la Figura No. 36

$A_{asc} = f(A_{ftp})$

$A_{sc} = f(DE, Ltsc, Ntsc, Hsc)$

$F_s = f(A_{sc}, A_{asc})$

$U_{rg} = f(U'r, F_s, k)$

$A_{vsc} = f(Ntsc, DI)$

$G_{vsc} = f(W_v, A_{vsc})$

8

8

U'cl de la Figura No. 37

Fpp de la Figura No. 38

Tb = f (Tvsc, Tvs)

Ft de la Figura No. 39

Ucs = f (U'cl, Fpv, Ft, DI, DE)

Usc = f (Ucg, Urg, Ucs)

P = f (Usc, Asc, Wv, Cpv)

R = f (Wv, Wg, Cpv, Cpg)

S de la Figura No. 40

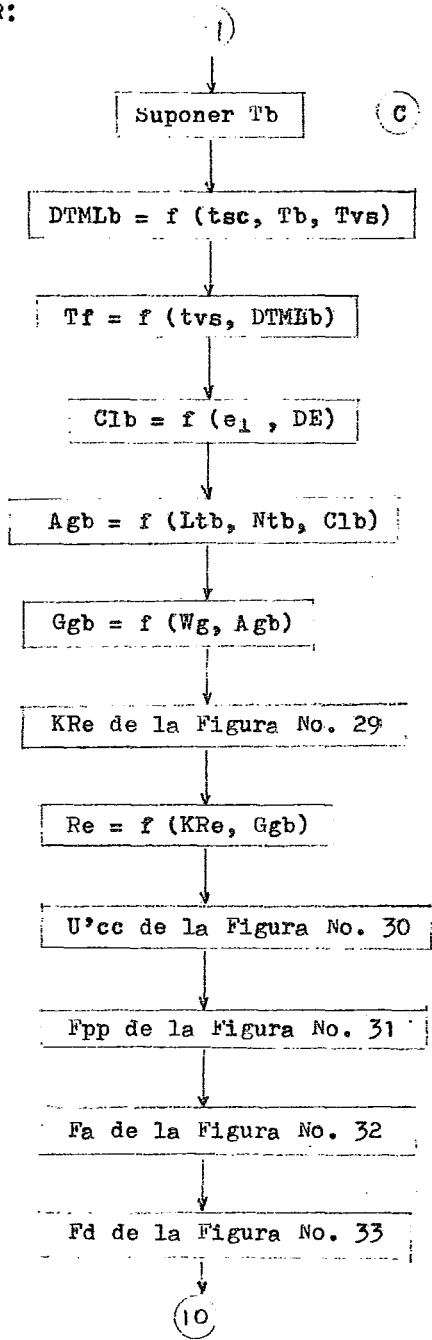
tvsc = f (Tvs, P, Ttp)

tsc = f (Ttp, R, tvsc, Tvs)

Q'sc = f (Wg, Cpg, Ttp, tsc)

9

HANCO GENERADOR:



10

$$Ucg = f(U'cc, Fpp, Fa, Fd)$$

$$t's = f(Tvs)$$

U'r de la Figura No. 34

1/DE de la Figura No. 35

$$l = f(1/DE, DE)$$

k de la Figura No. 36

$$Afb = f(ab, Ltb)$$

$$Atb = f(DE, Ltb, Ntb, Hb)$$

$$Fs = f(Atb, Afb)$$

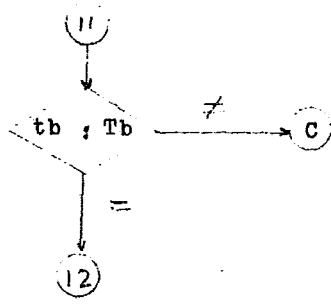
$$Urg = f(U'r, k, Fs)$$

$$Ub = f(Ucg, Urg)$$

$$Qb = f(Ub, Atb, DTMLb)$$

$$tb = f(tsc, Qb, Wg, Cpg)$$

11



(12)

Suponer  $T_e$

$$Q_e = f(W_g, C_{pg}, T_b, T_e)$$

$$h = f(Q_e, W_v)$$

$$h_2 = f(h_{aa}, h)$$

Ta de la Tabla No. 1

$$DTMLe = f(T_b, T_a, T_{aa}, T_e)$$

$$T_f = f(T_{aa}, T_a, DTMLe)$$

$$Cle = f(e_1, DE)$$

$$Age = f(Lte, Nte, Cle)$$

$$Gge = f(W_g, Age)$$

KRe de la Figura No. 29

$$Re = f(KRe, Gge)$$

(13)



13

$U'cc$  de la Figura No. 30

$Fpp$  de la Figura No. 31

$Fa$  de la Figura No. 32

$Fd$  de la Figura No. 33

$Ucg = f(U'cc, Fpp, Fa, Fd)$

$t's = f(Tvs)$

$U'r$  de la Figura No. 34

$1/DE$  de la Figura No. 35

$l = f(1/DE, DE)$

$k$  de la Figura No. 36

$Afe = f(ae, Lte)$

$Ate = f(DE, Lte, Nte, He)$

$Fs = f(Ate, Afe)$

14

14

$$U_{rg} = f(U'_{r}, k, F_{s})$$

$$U_{e} = f(U_{cg}, U_{rg})$$

$$Q_{e} = f(U_{e}, A_{te}, DTML_{e})$$

$$t_{e} = f(T_{b}, Q_{e}, W_{g}, C_{pg})$$

te ; Te

D

Precalentador  
de aire

regenerativo

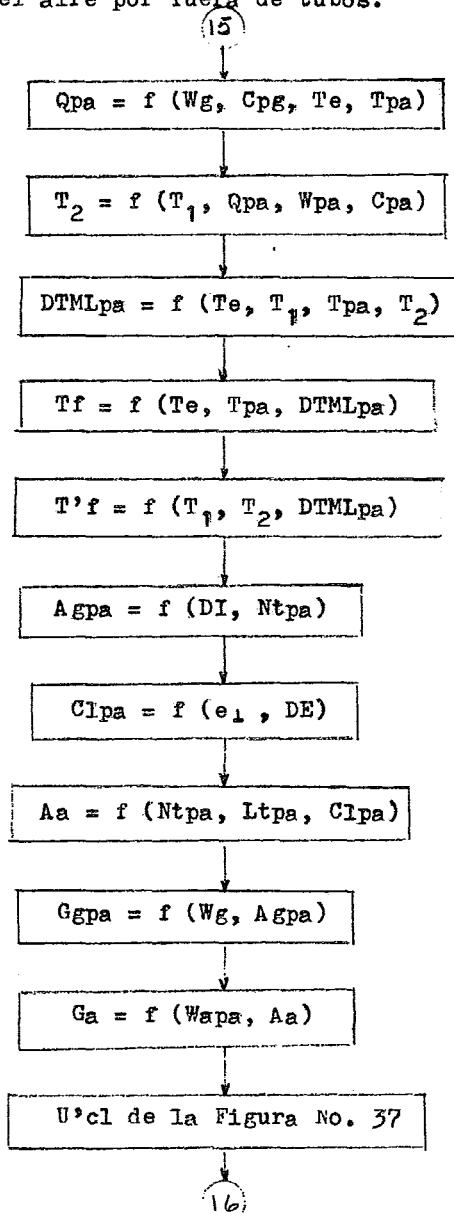
18

recuperativo

15

PRECALENTADOR DE AIRE TIPO RECUPERATIVO ;

Nota ; En este caso los gases de combustión fluyen por dentro de tubos y el aire por fuera de tubos.



16

Fpp de la Figura No. 42

$$tb = f(Te, Tpa)$$

Ft de la Figura No. 39

$$Ucg = f(U'cl, Fpp, Ft, DI, DE)$$

$$t's = f(Tvs)$$

U'r de la Figura No. 34

l/DE de la Figura No. 35

$$l = f(l/DE, DE)$$

k de la Figura No. 36

$$Urg = f(U'r, k)$$

KRe de la Figura No. 37

$$Re = f(KRe, Ga)$$

U'cc de la Figura No. 30

17

17

Fpp de la Figura No. 41

Fa de la Figura No. 32

Fd de la Figura No. 33

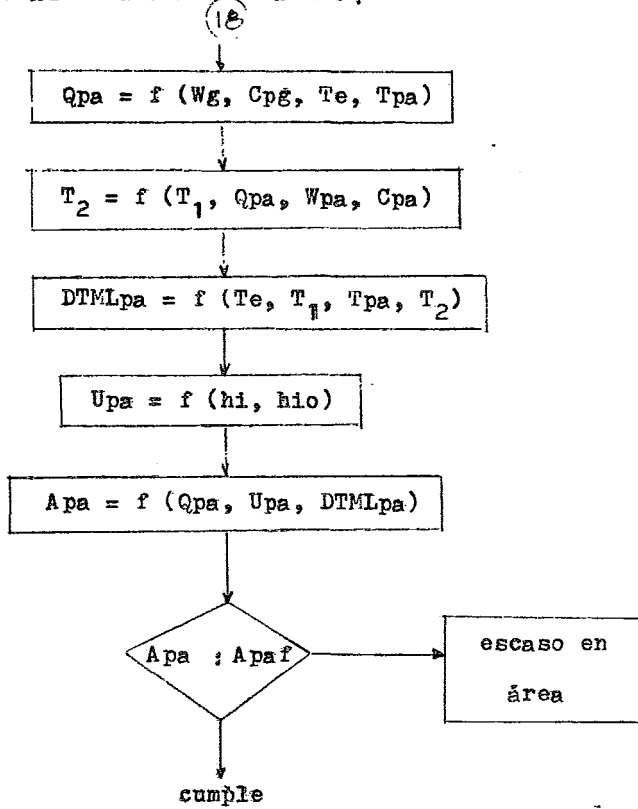
$Uca = f(U'cc, Fpp, Fa, Fd)$

$Upa = f(Ucg, Urg, Uca)$

$Apa = f(DE, Ltpa, Ntpa, Hpa)$

$Qpa = f(Upa, Apa, DTMLpa)$

PRECALENTADOR DE AIRE TIPO REGENERATIVO :



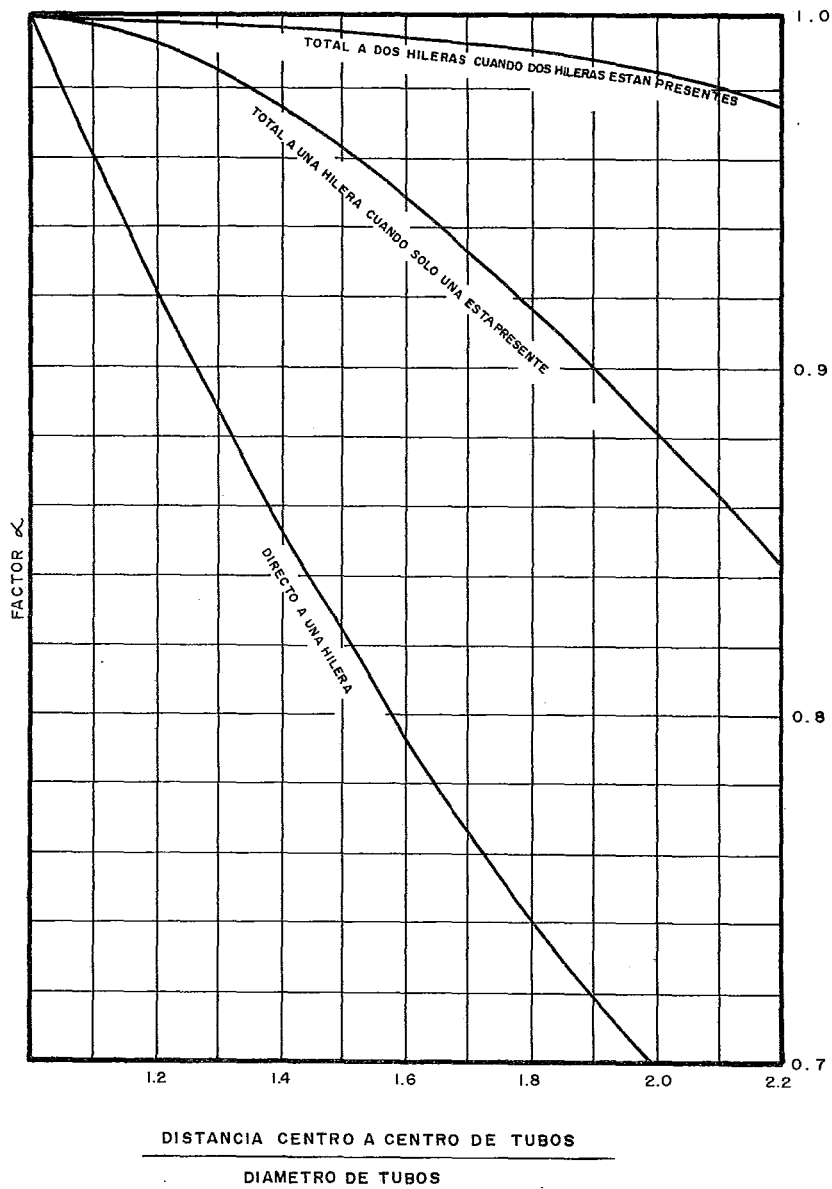


FIG. No. 24 FACTOR DE ABSORCION

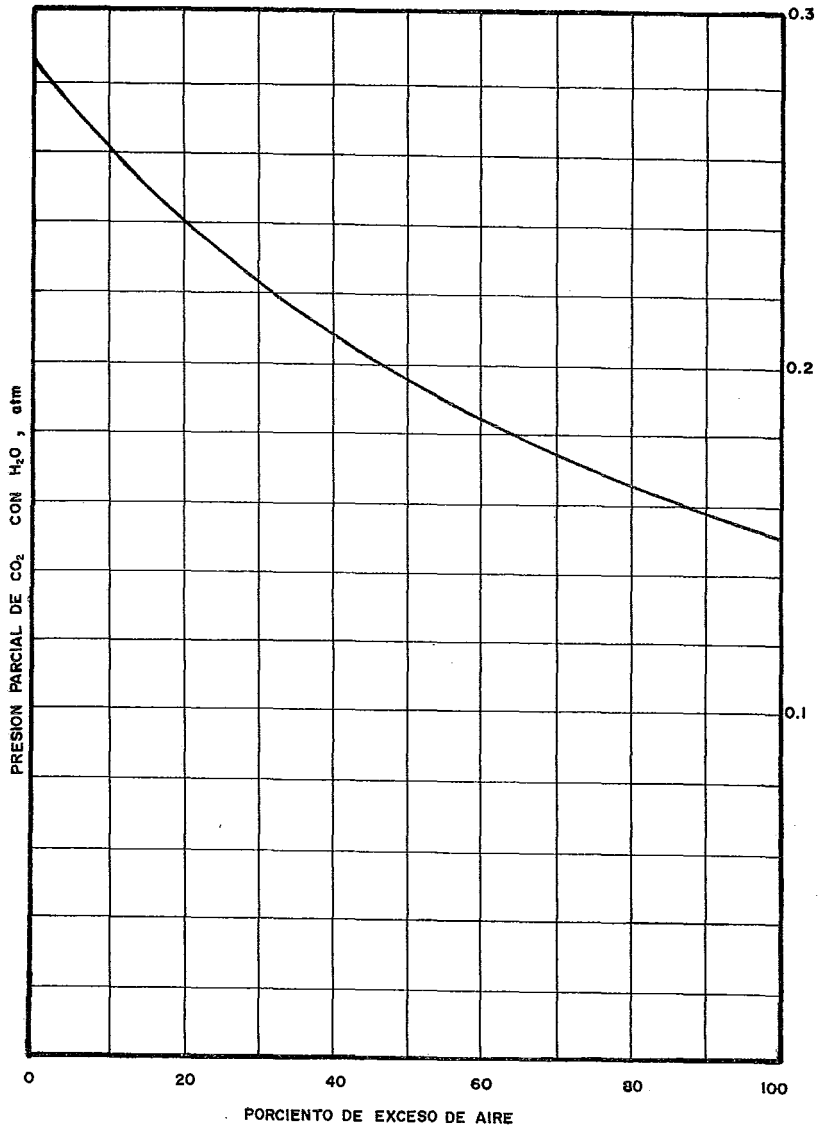


FIG. 25.-- PRESION PARCIAL DE LOS GASES



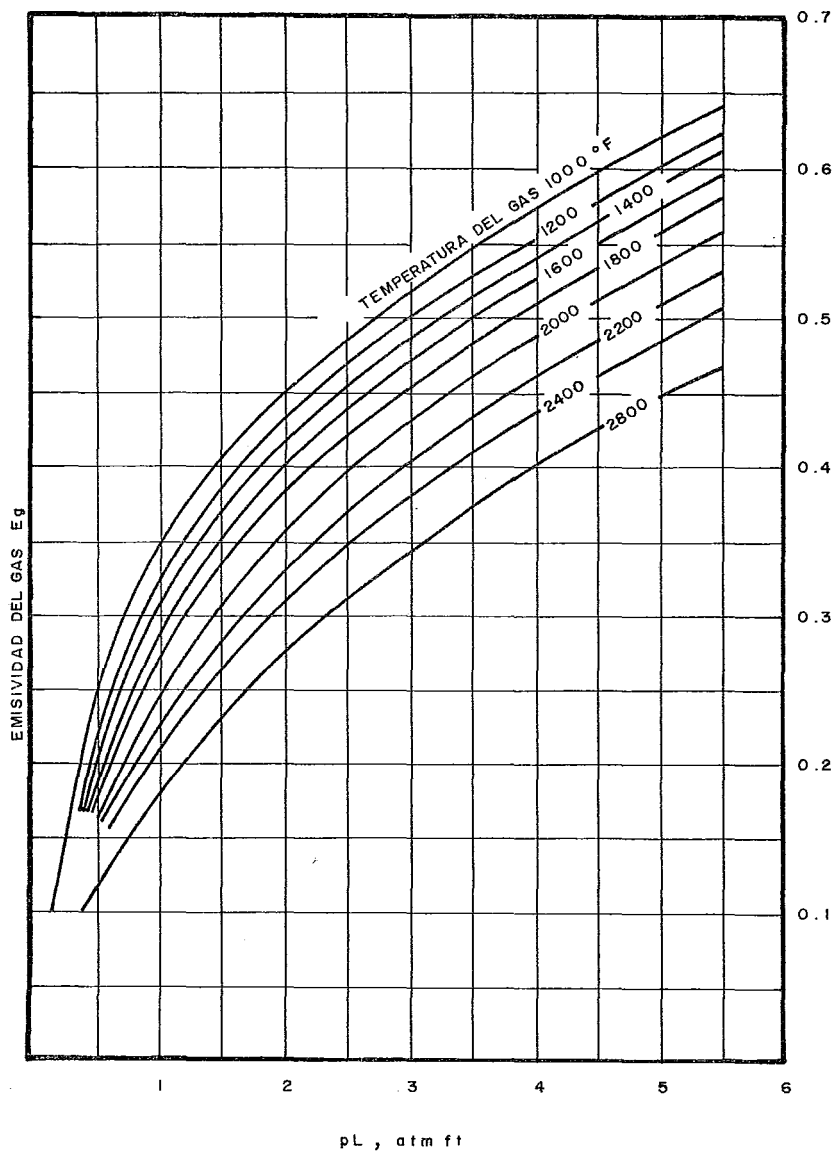


FIG. No. 26 EMISIVIDAD DEL GAS

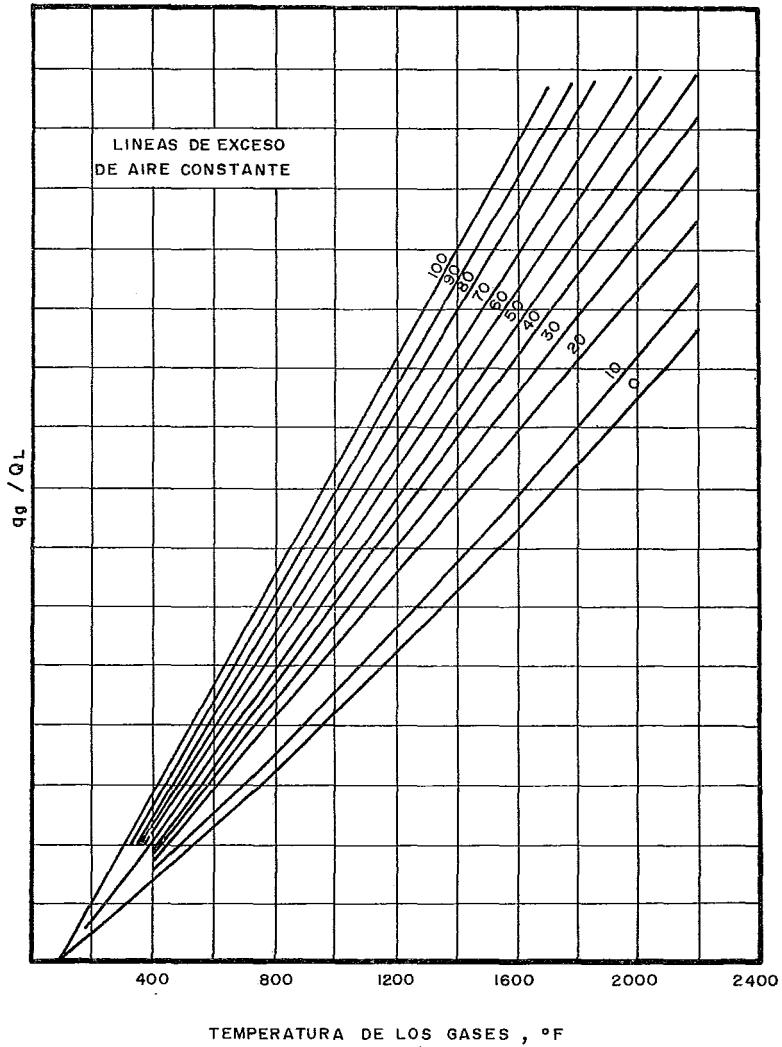


FIG. No. 27 CALOR DE LOS GASES / CALOR LIBERADO

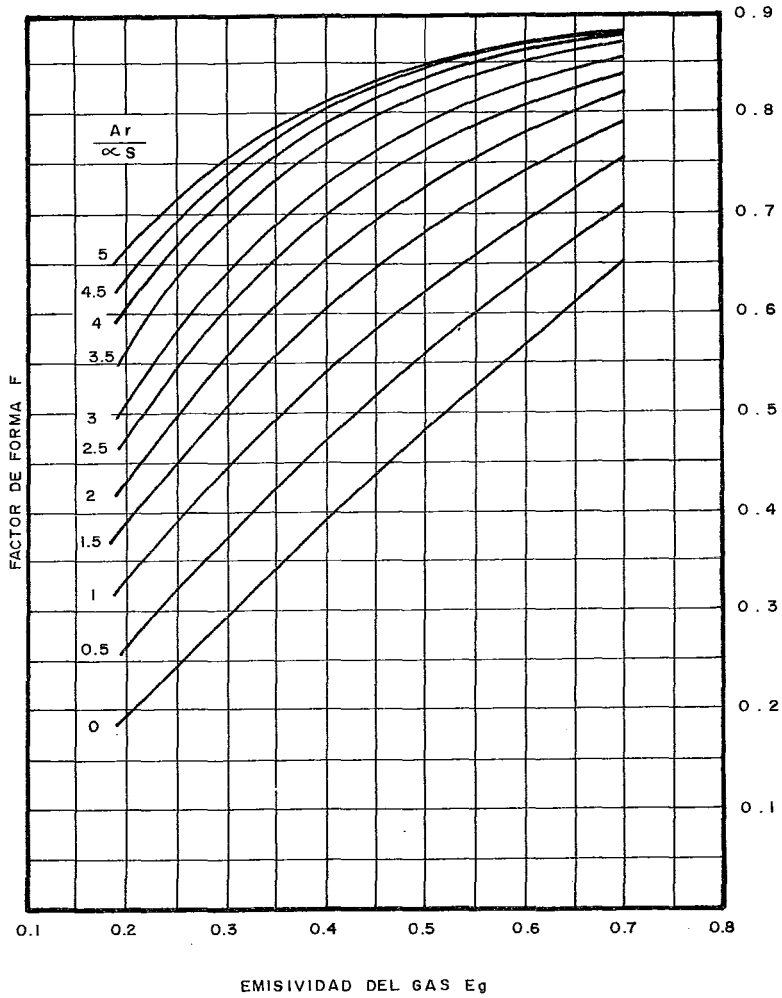


FIG. No. 28 FACTOR DE FORMA

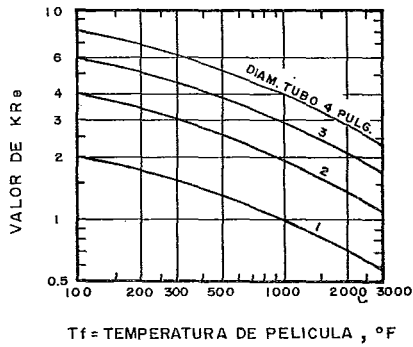


FIG. No. 29 FACTOR DE CORRECCION DEL NUMERO DE RÉYNOLDS

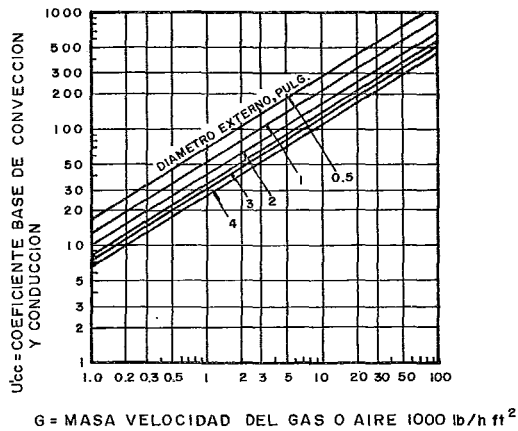


FIG. No. 30 COEFICIENTE BASE DE CONVECCION Y CONDUCCION PARA GASES O AIRE

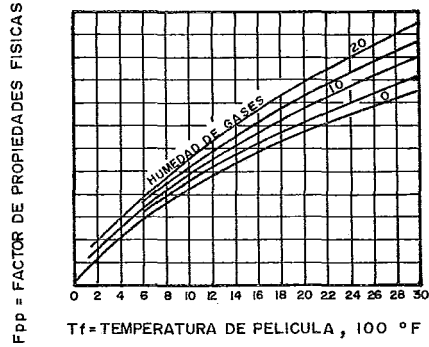


FIG. No. 31 FACTOR DE PROPIEDADES FISICAS

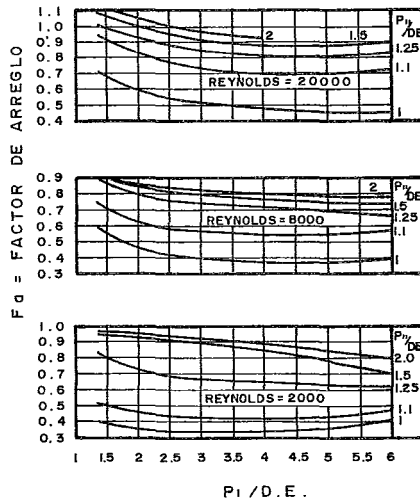


FIG. No. 32 FACTOR DE ARREGLO PARA BANCO DE TUBOS

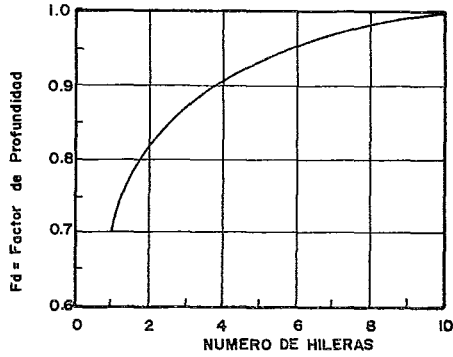


FIG. No 33-- FACTOR DE PROFUNDIDAD

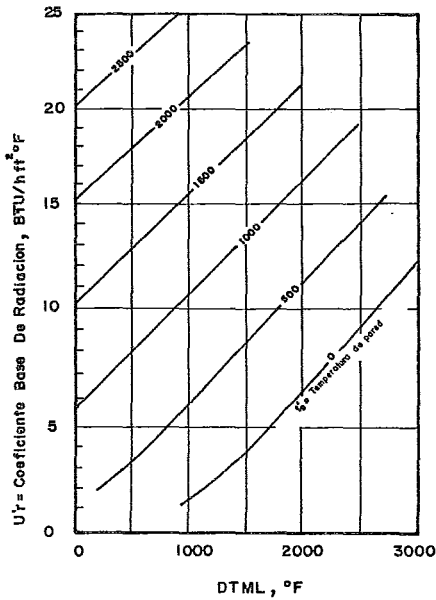


FIG. No 34-- COEFICIENTE BASE DE RADIACION

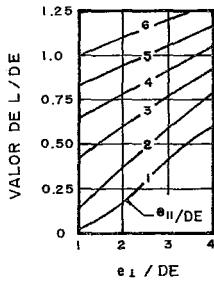


FIG.No. 35 VALOR DE L / DE

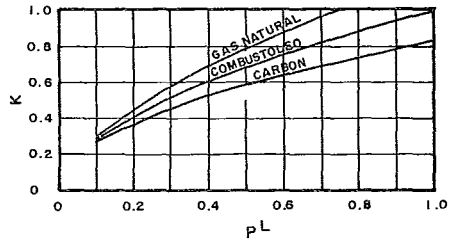


FIG.No. 36 FACTOR DE CORRECCION POR RADIACION

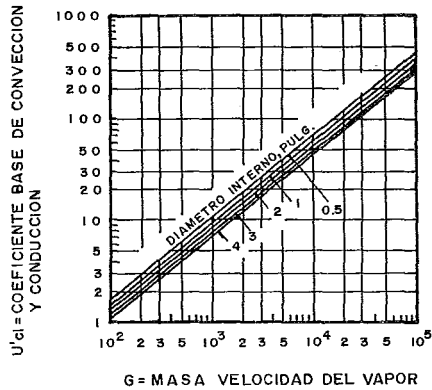


FIG.No. 37 COEFICIENTE BASE DE CONVECCION Y CONDUCCION PARA VAPOR

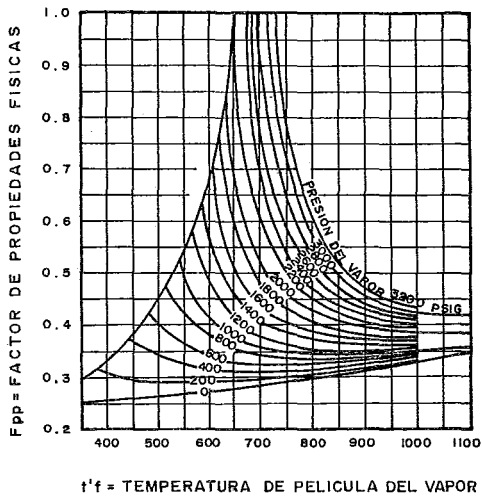


FIG. No. 38 FACTOR DE PROPIEDADES FISICAS

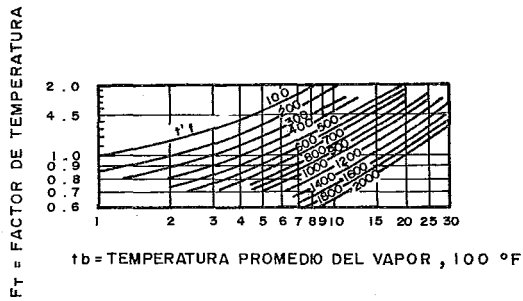


FIG. No. 39 FACTOR DE TEMPERATURA



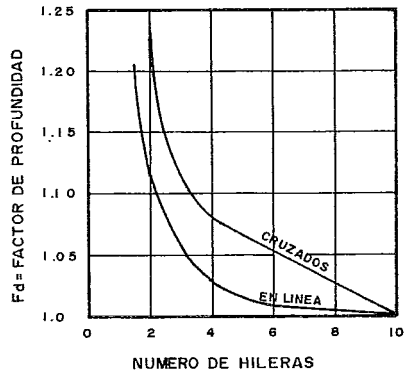


FIG. No. 33 b FACTOR DE PROFUNDIDAD

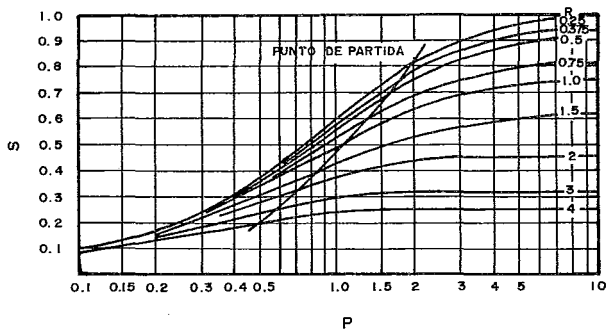


FIG. No. 40 GRUPO TEMPERATURA

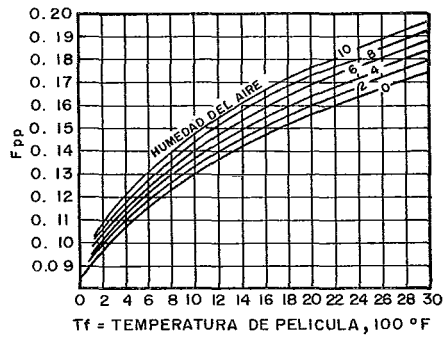


FIG. No. 41 FACTOR DE PROPIEDADES FISICAS

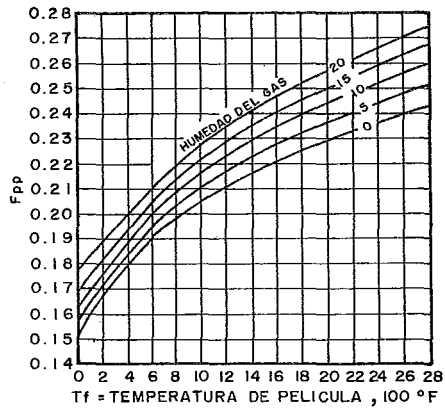


FIG. No. 42 FACTOR DE PROPIEDADES FISICAS

## 5.2 EVALUACION MECANICA

Una vez efectuada la evaluación térmica se puede evaluar mecánicamente el equipo, tomando como base los materiales requeridos por Código. Es recomendable organizar esta información como se indica en la Tabla No.4 y de esta manera verificar si los materiales propuestos por los fabricantes son los requeridos o sus equivalentes y en caso de serlo, cuales son sus diferencias.

Es de mucha importancia el efectuar correctamente esta evaluación, ya que en caso de aceptar materiales cuyos esfuerzos térmicos permisibles no correspondan a los requeridos para las condiciones de operación, los tubos pueden sufrir fracturas o adelgazamientos en sus espesores. En estas partes se pueden presentar fugas, y como consecuencia explosiones que pueden hasta dañar al personal encargado de la operación del equipo, originando paros no programados en la planta para dar mantenimiento a la caldera, que se representa en altos costos por este concepto y en pérdidas de producción.

La evaluación mecánica también deberá contemplar la revisión de espesores y expansiones térmicas de los materiales y de las diferentes partes sujetas a presión en base a lo establecido en la Sección 1 del ASME.

La evaluación referente a los equipos mecánicos, sistema eléctrico, instrumentación y tuberías, deberá ser efectuada por los especialistas correspondientes. Debido a lo extenso que son cada una de estas áreas se podrían proponer como temas de tesis.

TABLA No. 4

TABLA DE MATERIALES PARA LA EVALUACION MECANICA

DESCRIPCION	TEMPERATURA MAXIMA DE OPERACION (°F)	MATERIAL RECOMENDABLE	ESFUERZO PERMISIBLE (Psi)
Tubos del hogar	750	SA-192	10,200
Tubos pantalla	750	SA-192	10,200
Sobrecalentador	900	SA-209-T1a	12,500
Recalentador	800	SA-209-T1a	12,500
Economizador	800	SA-210-A1	10,800
Banco generador	800	SA-192	9,400
Desobrecalentador	700	SA-335-GP12	13,700
Domo superior	750	SA-515-G70	14,700
Domo inferior	750	SA-515-G70	14,700
Internos del domo	750	SA-283-C	12,600
Prec. aire vapor	800	SA-53-B	15,000
Prec. de aire	800	SA-283-C	12,600
Ductos	700	SA-283-C	12,600
Chimenea	450	SA-283-C	12,600

## 6. EVALUACION ECONOMICA

### 6.1 GENERALIDADES

La evaluación de los proyectos de ingeniería en términos de costo comparativo constituye una faceta importante del proceso de adquisición y es esencial en la satisfacción de las necesidades con máximo rendimiento económico, por lo tanto, el objetivo de la evaluación económica será considerar como la me jo r propuesta a aquella de menores costos, sin detrimento de la calidad, evaluados mediante un parámetro que es el valor presente, si el resultado final es el mismo al que se llega con las otras propuestas, o sea, si cumplen técnicamente.

La caldera como un bien de producción, satisface las necesidades humanas, pero lo hace indirectamente como parte del proceso de producción utilizando el vapor producido para la elaboración de bienes de consumo. Estos, son -- productos y servicios que satisfacen dichas necesidades.

### 6.2 CLASIFICACION DE COSTOS

Se utilizan tres distintas clasificaciones de costos como base del análisis eco no m i co n o m i co, las cuales son necesarias para la consideración de la causa y efecto de los costos que han de influir en el resultado final de una propuesta.

Inversión Inicial.- Se limita a aquellos costos que solamente se presentan -

una vez en cualquier actividad.

**Costo Fijo.** - Se define ordinariamente como aquel grupo de costos de una actividad, cuyo total permanecerá relativamente constante a lo largo de la actividad operacional (mantenimiento y depreciación).

**Costo Variable.** - Es aquel grupo de costos que varían en relación al nivel de actividad operacional (vapor motriz, energía eléctrica, combustible, etc.).

### 6.3 CRITERIOS DE DECISION Y BASES DE COMPARACION

Para resumir las diferencias que existen entre alternativas o propuestas de inversión, nos ayudarán los criterios de decisión y las bases de comparación.

En cuanto a los criterios de decisión es un procedimiento que indica la manera de seleccionar las oportunidades de inversión en forma tal que se puedan alcanzar los objetivos deseados. Las bases de comparación nos representan un índice que contienen cierta clase de información sobre la serie de ingresos o gastos que da lugar a una oportunidad de inversión, las cuales pueden ser valor presente y valor futuro. Por lo tanto, es necesario expresar las alternativas en términos de una base común para que las diferencias aparentes se conviertan en diferencias reales en las que se tenga en cuenta el valor del dinero en el tiempo, ya que se hacen directamente comparables y puedan ser utilizadas en la toma de decisiones o sea, cuando sea necesaria una inversión, es indispensable considerar el valor del dinero con el tiempo.

## 6.4 VALOR PRESENTE

El valor presente representa en este trabajo, una cantidad actual equivalente a los costos anuales tanto fijos como de operación, que se tendrán durante la vida útil del equipo para una tasa de interés previamente establecida.

Las características que lo hacen adecuado como base de comparación son:

- 1) Considera el valor del dinero en el tiempo de acuerdo al valor de interés escogido.
- 2) Sitúa el valor equivalente de cualquier flujo de efectivo en un punto particular en el tiempo.

Para efectos de nuestro análisis se considera el valor presente a la fecha de tabulación y el valor presente a la fecha de arranque. El primero aplica -- cuando cada fabricante propone los términos en los que el usuario va a pagar el equipo y se calcula hasta la fecha en que se recibe la cotización; el segundo se calculará cuando sea el usuario el que establezca los términos y forma de los pagos que se tendrán que efectuar y se hará hasta la fecha de entrega del equipo.

## 6.5 COMPARACION DE ALTERNATIVAS

El mecanismo utilizado para la comparación de alternativas, será analizar se paradamente la inversión inicial y los costos totales anuales.

Los costos totales anuales serán transformados a valor presente, de tal forma que el proveedor que resulte con el menor valor presente, será el proveedor recomendado.

Por último, se deberán analizar los concretos tales como: términos de pago, precios fijos, garantías, tiempo de entrega del equipo, tiempo de erección, etc. En algunas ocasiones estos aspectos pueden llegar a definir al proveedor recomendado, principalmente en aquellos casos en que más de un proveedor cumple técnicamente y el valor presente de éstos, se encuentran dentro de un mismo orden de magnitud.

## 6.6 METODO DE CALCULO PARA LOS DIFERENTES CONCEPTOS

### 6.6.1 PRECIO TOTAL

Será la suma de los precios de todas las partes de la caldera, partes de repuesto, partes de servicio, supervisión para la erección, flete y seguro total hasta el lugar de la obra.

- a) Sin penalización: será el precio que proporciona el fabricante.
- b) Con penalización: si el fabricante no proporciona algún (os) precio (s) de los antes mencionados, se le castigará con el precio correspondiente más elevado de los cotizados por los demás fabricantes.

El castigo en área total se castigará en base a la escasez de área en



alguna de las partes integrantes de la caldera y se hará de la siguiente manera:

$$CA = (AC - AR) P Fa$$

El castigo por falta de integración nacional, será el causado por equipo o partes de repuesto de la caldera no comprados en México, o sea, de importación. Es una protección que se le dá al fabricante nacional favoreciéndose las inversiones dentro del país.

$$CIN = PC (INE) + PC (1-INE)(1.15) + PPR (INP) + PPR (1-INP)(1.15)$$

#### 6.6.2 COSTOS FIJOS ANUALES

a) Depreciación

$$A = PTCC \left( \frac{i}{(1+i)^{-n} - 1} \right) = \$/año$$

Si los períodos son diferentes a un año, para que la amortización sea anual, se hará un ajuste multiplicando el resultado por el número de períodos que haya en un año.

b) Mantenimiento: Para la caldera tipo paquete será el 5.6 % del precio total con penalización de la caldera (1) y para la caldera de erección en campo será el 3% del precio total de la caldera con penalización (1) (\$/año).

Esta diferencia se debe al menor tiempo de vida útil que tiene la caldera tipo paquete con respecto a la de erección en campo.

(1) En este precio no se deberá tomar en cuenta las herramientas especiales, prueba hidrostática, partes de repuesto, partes de servicio, supervisión para erección, flete y seguro total y penalización por falta de integración nacional.

### 6.6.3 COSTOS DE OPERACION ANUAL

Vapor de atomización =  $\$/lb \times lb/h$  consumidas  $\times h/año$  de operación =  $\$/año$  (VA).

Gas de pilotos =  $\$/m^3 \times m^3/h$  consumidos por piloto  $\times No.$  de pilotos  $\times h/año$  de operación =  $\$/año$  (GP).

Vapor de sopladores =  $\$/lb \times lb/ciclo$  consumidas  $\times 3$  ciclos/día  $\times días$  de operación =  $\$/año$  (VS).

Energía eléctrica =  $(HP$  ventilador +  $HP$  prec. de aire)  $\times \$/HP - h \times h/año$  de operación =  $\$/año$  (EE).

Combustible =  $\$/m^3 \times m^3/h$  por quemador  $\times No.$  de quemadores  $\times h/año$  de operación =  $\$/año$  (C).

COA = VT + VA + GP + VS + EE + C

#### 6.6.4 COSTOS TOTALES ANUALES

Costos totales anuales (CTA) = Costos fijos anuales (CFA) + Costos de operación anual (COA).

#### 6.6.5 VALOR PRESENTE

a) A la fecha de arranque:

$$VP = CTA \left( \frac{(1+i)^{-n} - 1}{i} \right) = \$$$

b) A la fecha de tabulación:

$$VP = B + CTA \left( \frac{(1+i)^{-n} - 1}{i} \right) = \$$$

donde:

$$B = A \left( \frac{1}{(1+i)^n} \right)$$

## 7. EJEMPLO PRACTICO

Para ilustrar el procedimiento de evaluación técnica, económica y comercial de las calderas acuatubulares y los criterios de selección del fabricante más adecuado, se llevó a cabo un concurso a nivel internacional en el cual participaron:

FABRICANTE	PAIS	TIPO DE CALDERA
A	México	Erección en Campo
B	México	Erección en Campo
C	Canada	Erección en Campo
D	Japón	Paquete

La hoja de datos y los cuestionarios técnico y comercial anexos, se le enviaron en el paquete de requisición. Estos últimos fueron contestados y entregados al cierre del concurso. En base a estos cuestionarios se efectuó la tabulación técnica y se procedió a la evaluación de cada uno de los fabricantes. Posteriormente se realizó la evaluación tanto económica como comercial de los mismos, completando los formatos correspondientes.

Es conveniente hacer notar que debido a lo basto y complejo del procedimiento de evaluación, sólo se mostrará el de un sólo fabricante. Sin embargo, la tabulación se hará para todos los fabricantes.

PLANTA <b>AREA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>						
LOCALIZACION						
CLAVE <b>CA-001</b>						
No. UNIDADES <b>UNA</b>						
<b>CALDERAS ACUOTUBULARES</b>						
HOJA DE DATOS						
<b>DATOS DE OPERACION</b>						
			PICC	C.M.C	100%	
VAPOR GENERADO	mlb/h	kg/h	—	220	220	
EFICIENCIA BASADA EN A.P.C.	%	%	—	88	88	
TEMPERATURA DEL AGUA DE ALIMENTACION	°f	°c	—	248	248	
TEMPERATURA DEL VAPOR GENERADO	°f	°c	—	752	752	
PRESION DEL AGUA DE ALIMENTACION	psig	kg/cm <sup>2</sup>	—	711	711	
PRESION DEL VAPOR GENERADO (1)	psig	kg/cm <sup>2</sup>	—	601.5	601.5	
FLUX MAXIMO EN EL HOGAR	btu/h ft <sup>2</sup>	kcal/h m <sup>2</sup>	—	—	—	
LIBERACION VOLUMETRICA MAX. EN EL HOGAR	btu/h ft <sup>3</sup>	kcal/h m <sup>3</sup>	—	—	—	
CONCENTRACION MAX. DE SOLIDOS EN VAPOR	0.5 ppm	TIPO DE CIRCULACION	NATURAL			
HUMEDAD DEL VAPOR	0.0 ppm	DURACION DEL PISO	—			
<b>ANALISIS DEL AGUA</b>						
		ALIMENTACION	MAX EN LA CALDERA			
P.H.		8.5 - 9.5		—		
DUREZA	ppm de CaCo <sub>3</sub>	—		—		
ALCALINIDAD	ppm de CaCo <sub>3</sub>	—		400.0		
SILICE	ppm de CaCo <sub>3</sub>	0.1		20.0		
FIERRO	ppm de CaCo <sub>3</sub>	0.05		—		
COBRE	ppm de CaCo <sub>3</sub>	0.03		—		
OXIGENO	ppm	0.007		—		
POSFATOS	ppm de CaCo <sub>3</sub>	—		35.0		
SULFITOS	ppm de CaCo <sub>3</sub>	—		30.0		
ACEITE Y ORGANICOS	ppm	—		—		
SOLIDOS DISUELTOS	ppm de CaCo <sub>3</sub>	50.0		—		
SOLIDOS SUSPENDIDOS	ppm de CaCo <sub>3</sub>	—		—		
SOLIDOS TOTALES	ppm de CaCo <sub>3</sub>	50.0		1900.0		
<b>CARACTERISTICAS DEL COMBUSTIBLE</b>						
		COMBUSTOLEO	GAS	DE ARRANQUE		
PESO MOLECULAR	—	—	—	—		
DENSIDAD	lb/ft <sup>3</sup> / api	kg/m <sup>3</sup> / pai	63.54 / 7	34.0		
A.P.C. / B.P.C.	btu / lb	kcal / kg	18540 / 17540	119300		
VISCOSIDAD	s.s.f	c.	350	50		
PUNTO DE FLASHEO	°f	°c	—	150.0		
PUNTO DE CONGELACION	°f	°c	—	15.0		
EJEMPLO PRACTICO	PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES					
	MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO	FAC. QUIMICA		U. N. A. M.		

AUXILIARES				
TEMPERATURA				Exp. Siga
VAPOR DE ATOMIZACION	$^{\circ}f/psig$	$c/kg/cm^2$	401	206
VAPOR DE SOPLADORES	$^{\circ}f/psig$	$c/kg/cm^2$	401	206
AIRE DE INSTRUMENTOS	$^{\circ}f/psig$	$c/kg/cm^2$	AMBIENTE	75
ACCIONADORES				
MOTOR ELECTRICO PARA:		PRECALENTADOR DE AIRE		VENTILADOR
TIPO	POR FABRICANTE		POR FABRICANTE	
NUMERO	UNO		UNO	
FASES / CICLOS / VOLTAJE	3 / 400 / 60		3 / 400 / 60	
TURBINA				
NUMERO	lb/h	$kg/h$	UNA	
TEMPERATURA DEL VAPOR ENTRADA	$^{\circ}f$		750	
PRESION DEL VAPOR ENTRADA / SALIDA	psig	$kg/cm^2$	600 / POR FABRICANTE	
MATERIALES (2)				
TUBOS DEL HOGAR	SA - 192			
TUBOS PANTALLA	SA - 192			
TUBOS DEL SOBRECALENTADOR	SA - 209 - T1a			
TUBOS DEL RECALENTADOR	SA - 209 - T1a			
TUBOS DEL BANCO GENERADOR	SA - 192			
TUBOS DEL ECONOMIZADOR	SA - 210 - A1			
DESCRECALENTADOR	SA - 335 - G112			
DOMO SUPERIOR	SA - 515 - G70			
DOMO INFERIOR	SA - 283			
INTERNOS	SA - 283			
TUBOS DEL PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR	SA - 53B			
PRECALENTADOR DE AIRE	SA - 283			
DUCTOS	SA - 283			
CHIMENEA	SA - 283			
NOTAS:				
(1) DESPUES DE LA VALVULA DE NO RETORNO.				
(2) EL FABRICANTE PUEDE RECOMENDAR MATERIALES EQUIVALENTES.				
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES				
MA. TERESA PEREZ CARBA, L. Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICAS	U. N. A. M.	

FABRICANTE <b>A</b>			
PLANTA <b>AREA DE SERVICIOS AUXILIARES</b>			
LOCALIZACION <b>LAZARO GARDENAS, MICH.</b>			
CLAVE <b>CA-001</b>			
No. UNIDADES <b>UNA</b>			
<b>CALDERAS ACUOTUBULARES CUESTIONARIO TECNICO</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
TIPO			ERECCION EN CAMPO
DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	ft	16.0/46.2/40.3
AREA TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	53507
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO	mmbtu/h	kcal/h	262.0
CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR	psi	kg/cm <sup>2</sup>	32.5
TEMPERATURA DE DISEÑO	°f	°c	
PRESION DE DISEÑO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	675.0
PESO DE LA CALDERA PARA EMBARQUE	mlb	ton	
PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	mlb	ton	957000
<b>DATOS DE OPERACION</b>			
			PICO CMC 100%
EFICIENCIA BASADA EN EL A.P.C.	%	%	86.9 86.9
FLUJO DE:			
VAPOR GENERADO	Mlb/h	Mkg/h	220 220
PURGAS	%	%	10 10
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	— —
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	100 100
AIRE TEORICO	Mlb/h	Mkg/h	8 8
EXCESO DE AIRE	%	%	— —
GASES A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	— —
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	— —
TEMPERATURA DE:			
AGUA A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c	351 351
VAPOR EN EL DOMO SUPERIOR	°f	°c	504 504
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	— —
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL HOGAR	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DE LOS TUBOS PANTALLA	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL SOBRECIENTADOR	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL RECALENTADOR	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL BANCO GENERADOR	°f	°c	722 722
GASES A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c	359 359
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	— —
PRESION:			
EN EL HOGAR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
EN EL DOMO SUPERIOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	675 675.5
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

			PICO C.M.C. 100%	
DEL VAPOR A LA SALIDA DE LA VALVULA DE NO RETORNO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	601.5	601.5
<b>CALOR INTERCAMBIADO EN:</b>				
HOGAR	mmbtu/h	kcal/h		
TUBOS PANTALLA				
SOBRECALENTADOR			38.9	38.9
RECALENTADOR			—	—
BANCO GENERADOR			197.4	197.4
ECONOMIZADOR			25.7	25.7
PRECALENTADOR DE AIRE			—	—
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR			—	—
<b>PERDIDAS DE CALOR POR:</b>				
VAPOR DE AGUA EN EL AIRE PARA COMBUSTION			0.17	0.17
AGUA EN EL COMBUSTIBLE			—	—
HUMEDAD PRODUCIDA EN LA COMBUSTION			6.04	6.04
COMBUSTIBLE NO QUEMADO			—	—
RADIACION			0.38	0.38
OTROS			5.44	5.44
<b>FLUX DE CALOR PROMEDIO EN:</b>				
HOGAR	btu/hft <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>		
TUBOS PANTALLA				
SOBRECALENTADOR			20637	20637
RECALENTADOR			—	—
BANCO GENERADOR			17454	17454
ECONOMIZADOR			1836	1836
PRECALENTADOR DE AIRE			—	—
<b>TEMPERATURA MAXIMA DE PARED EN:</b>				
HOGAR	°f	°c		
TUBOS PANTALLA				
SOBRECALENTADOR			1030	1030
RECALENTADOR			—	—
BANCO GENERADOR			510	510
ECONOMIZADOR			355	355
PRECALENTADOR DE AIRE			—	—
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR			—	—
<b>TEMPERATURA DE DISEÑO EN:</b>				
HOGAR	°f	°c		
TUBOS PANTALLA				
SOBRECALENTADOR			1050	1050
RECALENTADOR			—	—
BANCO GENERADOR			700	700
ECONOMIZADOR			700	700
PRECALENTADOR DE AIRE			—	—
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR			—	—

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.



	PICO	CMC	100%
<b>CAIDA DE PRESION DENTRO DE TUBOS EN:</b>			
SOBRECALENTADOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	64.0 64.0
RECALENTADOR			— —
BANCO GENERADOR			1.5 1.5
ECONOMIZADOR			8.8 8.8
<b>CAIDA DE PRESION DEL AIRE EN:</b>			
VENTILADOR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O	
DUCTOS			0.5 0.5
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR			— —
PRECALENTADOR DE AIRE			— —
QUEMADORES			6.17 6.17
<b>PERDIDA DE TIRO EN:</b>			
HOGAR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O	
TUBOS PANTALLA			
SOBRECALENTADOR			
RECALENTADOR			
BANCO GENERADOR			3.9 3.9
ECONOMIZADOR			1.53 1.53
PRECALENTADOR DE AIRE			— —
DUCTOS			0.5 0.5
CHIMENEA			0.0 0.0

## DATOS DE DISEÑO

HOGAR	blu/h ft <sup>3</sup>	kcal/hm <sup>3</sup>	
LIBERACION VOLUNTARIA DE CALOR			72570
DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	m	16.0/22.5/28.0
VOLUMEN	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	4150
AREA PROYECTADA EFECTIVA	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1541
<b>TIPO DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO/ESPACIAMIENTO EN:</b>			
PISO	/in/in	mm/mm	MEMBR/2.5/3
TECHO			MEMBR/2.5/3
PAREDES LATERALES			L1505/2.0/3
PARED DE QUEMADORES			REFRACTARIO
PARED POSTERIOR			MEMB/2.5/3
PARED DIVISORA			L1505/2.0/3
<b>ESPESOR/MATERIAL/TEMPERATURA MAXIMA EN:</b>			
PISO	in/ft	mm/°C	0.165/SA-192/700
TECHO			0.165/SA-192/700
PAREDES LATERALES			0.165/SA-192/700
PARED DE QUEMADORES			0.165/SA-192/700
PARED POSTERIOR			0.165/SA-192/700
PARED DIVISORA			0.165/SA-192/700

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y  
COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

QUEMADORES			
TIPO			COMBUSTOLEC
NUMERO			2
PRESION REQUERIDA PARA:			
COMBUSTOLEO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	190
GAS	psig	kg/cm <sup>2</sup>	---
DIESEL	psig	kg/cm <sup>2</sup>	---
CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE:			
PICO	m <sup>3</sup> /h	kg/h	---
C. M. C.	m <sup>3</sup> /h	kg/h	17082
100%	m <sup>3</sup> /h	kg/h	17082
LIBERACION MAXIMA DE CALOR POR QUEMADOR	mmbtu/h	kcal/h	150
PILOTOS			
TIPO			GAS
NUMERO			2
PRESION REQUERIDA PARA EL COMBUSTIBLE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	10
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PILOTO	lb/h	kg/h	
SISTEMA DE ATOMIZACION			
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	206
TEMPERATURA DEL VAPOR	°f	°c	401
CONSUMO DE VAPOR	lbv/lbc	kgv/kgc	0.026
TUBOS PANTALLA			
HILERAS			1
TUBOS POR HILERA			60
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2.5
LONGITUD	ft	m	28.0
ESPACIAMIENTO I / II	in	mm	4 / 4 1/2
ESPESOR	in	mm	0.185
MATERIAL			SA-192
SOBRECALENTADOR			
NUMERO			2
TIPO			PRIMARIO DRENABLE
AREA DE RADIACION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	---
AREA DE CONVECCION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1385
NUMERO TOTAL DE TUBOS			168
HILERAS			18
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			12
NUMERO TOTAL DE HORQUILLAS			9
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2
ESPACIAMIENTO I / II	in	mm	4 1/8 / 4 1/2
LONGITUD / ANCHO	ft	m	25 / 4.2
ESPESOR	in	mm	0.148
MATERIAL			SA-209T1a
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

<b>BANCO GENERADOR</b>			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	11310
LONGITUD / ANCHO / ALTURA	ft	m	28.0 / 6.5 / 20.7
NUMERO TOTAL DE TUBOS			1256
HILERAS			26
TUBOS POR HILERAS			48
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2
ESPACIAMIENTO I / II	in	mm	3 / 4 1/8
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	28
ESPESOR	in	mm	0.148
MATERIAL			SA-192
NUMERO DE PASOS			1
<b>DOMO SUPERIOR</b>			
DISTANCIA ENTRE DOMOS	ft	m	18
DIAMETRO INTERNO	in	mm	60
LONGITUD	ft	m	31.5
ESPESOR	in	mm	3.15
MATERIAL			SA-515-70
<b>INTERNOS</b>			
ESPESOR DE MAMPARAS	in	mm	1/4
ESPESOR DE LA CAJA	in	mm	—
ESPESOR DE SEPARADORES	in	mm	1/4
ESPESOR DE LAVADORES	in	mm	1/4
<b>DOMO INFERIOR</b>			
DIAMETRO INTERNO	in	mm	36
LONGITUD	ft	m	31.5
ESPESOR	in	mm	1.91
MATERIAL			SA-515-70
<b>DESOBRECALENTADOR</b>			
TIPO			SPRAY
FLUJO DE AGUA	Lb/h	kg/h	100
DIAMETRO	in	mm	4
LONGITUD	in	mm	4
MATERIAL			SA-217-WC9
<b>ECONOMIZADOR</b>			
AREA TOTAL			13995
TIPO DE TUBOS			SIN ALETAS
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			
HILERAS			54
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	1 1/2
ESPACIAMIENTO I / II	in	mm	2 1/2
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	22
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y C. SPOZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

ESPESOR	in	mm	0.148
MATERIAL			SA-192
TIPO DE FLUJO			COMBINADO
POSICION			VERTICAL
<b>SOPLADORES DE HOLLIN</b>			
TIPO			RETRAC./ROT.
NUMERO			7
LOCALIZACION			2B/4E/15
CONSUMO DE VAPOR POR CICLO	Lb/c	kg/c	1450
NUMERO DE CICLOS	c/dia	c/dia	3
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	601.5
TEMPERATURA DEL VAPOR			752
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>			
TIPO			
NUMERO			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	NO REQUIERE
ANCHO / ALTURA	ft	m	
DIAMETRO	ft	m	
TIPO DE FLUJO			
PERDIDAS DE AIRE	%	%	
<b>ACCIONADOR DEL PRECALENTADOR DE AIRE</b>			
TIPO			
POTENCIA NOMINAL	hp	kw	NO REQUIERE
VELOCIDAD	RPM	RPM	
<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>			
TIPO			NO REQUIERE
RELACION DE REDUCCION			
<b>MOTOR DE AIRE</b>			
TIPO			
FLUJO DE AIRE	Lb/h	kg/h	NO REQUIERE
PRESION DEL AIRE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
TEMPERATURA DEL AIRE	°f	°C	
<b>VENTILADOR</b>			
TIPO			TIPO FORZADO
<b>CAPACIDAD A:</b>			
PICO	mLb/h	mkg/h	
C.M.C.	mLb/h	mkg/h	67725
100 %	mLb/h	mkg/h	67725
PRESION ESTATICA A LA SALIDA	in H <sub>2</sub> O	mmHg	16.4
POTENCIA	hp	kw	224
EFICIENCIA A C.M.C.	%	%	75.
VELOCIDAD MAXIMA DE LA FLECHA	RPM	RPM	1500
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALSERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. M.

DIAMETRO DE LA FLECHA	in	m	
DIAMETRO DEL VENTILADOR	ft	m	
<b>ACCIONADORES DEL VENTILADOR</b>			
<b>MOTOR ELECTRICO:</b>			
TIPO			SELLADO CON AIRE
MATERIAL DE LA CUBIERTA			SA-36
<b>POTENCIA NOMINAL / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	250 / 91.2
100 %	hp / %	kw / %	250 / 91.2
VELOCIDAD	rpm	rpm	1200
<b>TURBINA:</b>			
TIPO			DE VAPOR
<b>CONSUMO DE VAPOR A:</b>			
PICO			
C.M.C.			27.8
100 %			27.8
<b>POTENCIA / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	250 /
100 %	hp / %	kw / %	250 /
VELOCIDAD	rpm	rpm	1200
<b>MOTOR DE DIESEL:</b>			
TIPO			
<b>CONSUMO DE DIESEL A:</b>			
PICO	lb/h	kg/h	
C.M.C.	Lb/h	kg/h	
100 %	Lb/h	kg/h	
<b>POTENCIA / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
<b>CHIMENEA</b>			
NUMERO			1
DIAMETRO INTERNO	ft	m	7
ALTURA	ft	m	105
ESPESOR	in	mm	3/8
MATERIAL			SA-283
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	in	mm	1
MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO			AGA-55
<b>DUCTOS</b>			
<b>DE AIRE:</b>			
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	3/16
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

NO REQUIERE

MATERIAL DE GASES:			SA-283
DIMENSIONES	LARGO / ANCHO / ALTURA	ft / m	
ESPESOR		in / m m	3/16
MATERIAL			SA-283
<b>REFRACTARIO</b>			
TIPO			LADRILLO REF.
ESPESOR EN LA CALDERA		in / m m	9/16 / 4 1/2 / 2 1/2
ESPESOR EN LA CHIMENEA		in / m m	2 1/2
MATERIAL			
DENSIDAD		Lb / ft <sup>3</sup> / kg / cm <sup>3</sup>	125
LOCALIZACION EN LA CALDERA			PAREDES Y PISO
<b>AISLAMIENTO</b>			
TIPO			COLCHONETA
ESPESOR EN LA CALDERA		in / m m	3
ESPESOR EN LA CHIMENEA		in / m m	3
MATERIAL			
DENSIDAD		Lb / ft <sup>3</sup> / kg / cm <sup>3</sup>	19
LOCALIZACION			TODA LA CALDERA
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

## ALCANCE DEL SUMINISTRO

	SI	NO
1. Caldera	<u>X</u>	<u>    </u>
2. Sobrecalentador	<u>X</u>	<u>    </u>
3. Quemadores	<u>X</u>	<u>    </u>
4. Control de seguridad para quemadores	<u>X</u>	<u>    </u>
5. Control de combustión y de agua de alimentación	<u>X</u>	<u>    </u>
6. Válvula de paro para agua de alimentación	<u>X</u>	<u>    </u>
7. Válvula de paro para el vapor principal	<u>X</u>	<u>    </u>
8. Aislante	<u>X</u>	<u>    </u>
9. Válvulas de seguridad	<u>X</u>	<u>    </u>
10. Plataformas y escaleras	<u>X</u>	<u>    </u>
11. Chimenea	<u>X</u>	<u>    </u>
12. Ductos de aire	<u>X</u>	<u>    </u>
13. Ductos de gases de combustión	<u>X</u>	<u>    </u>
14. Precalentador de aire	<u>X</u>	<u>    </u>
15. Ventilador de tiro forzado	<u>X</u>	<u>    </u>
16. Accionadores del ventilador	<u>X</u>	<u>    </u>
17. Sopladores de hollín	<u>X</u>	<u>    </u>
18. Instrumentación	<u>X</u>	<u>    </u>
19. Tableros de control local y general	<u>X</u>	<u>    </u>
20. Tubería para agua de alimentación, vapor y	<u>X</u>	<u>    </u>

	SI	NO
combustible hasta 10 metros de la caldera	_____	<u>X</u>
21. Tanque de purgas	_____	<u>X</u>
22. Pintura	<u>X</u>	_____
23. Empaque y protección	<u>X</u>	_____
24. Herramientas especiales	<u>X</u>	_____
25. Inspección y prueba en el taller	<u>X</u>	_____
26. Desobrecalentador	<u>X</u>	_____
27. Precalentador de aire con vapor	<u>X</u>	_____
28. Bomba de alimentación	_____	<u>X</u>
29. Prueba hidrostática en campo	_____	<u>X</u>
30. Tubería, válvulas y accesorios hasta la válvula de no retorno del vapor	<u>X</u>	_____
31. Tubería para combustible, vapor de atomización y gas de pilotos hasta quemadores y pilotos	<u>X</u>	_____
32. Válvulas by-pass, estranguladores, trampas de vapor estaciones de reducción de presión, medidores de presión y de temperatura y apagadores manuales pa- ra el manejo completo del sistema de combustión.	<u>X</u>	_____
33. Tubería, válvulas reguladoras y by-pass para agua de alimentación	_____	<u>X</u>
34. Alambrado para el sistema de control	_____	<u>X</u>



- |     |   |       |          |
|-----|---|-------|----------|
| 35. | Arrancadores y estaciones de control para motores eléctricos  | _____ | <u>X</u> |
| 36. | Tubería y accesorios de cobre, tubería de acero y materiales de instalación que se requieran para conectar el equipo de control neumático | _____ | <u>X</u> |

FABRICANTE A  
 PLANTA AREA DE SERVICIOS AUXILIARES  
 LOCALIZACION LAZARO CARDENAS, MICH.  
 CLAVE CA-001  
 No. UNIDADES UNA

**CALDERAS ACUOTUBULARES**  
 CUESTIONARIO COMERCIAL

PRECIO DE :		
CALDERA	\$ M.N.	48,500,000.0
AISLANTE	\$ M.N.	(1)
REFRACTARIO	\$ M.N.	(1)
PLATAFORMA Y ESCALERA	\$ M.N.	(1)
CHIMENEA	\$ M.N.	(1)
PRECALENTADOR DE AIRE	\$ M.N.	(1)
VENTILADOR	\$ M.N.	(1)
SOPLADORES DE HOLLIN	\$ M.N.	(1)
EMPAQUE Y PROTECCION	\$ M.N.	(1)
INSPECCION Y PRUEBA EN EL TALLER	\$ M.N.	(1)
DESOBRECALENTADOR	\$ M.N.	(1)
TABLEROS DE CONTROL	\$ M.N.	(1)
INSTRUMENTACION	\$ M.N.	(1)
PARTES DE REPUESTO	\$ M.N.	1,100,000.0
PARTES DE SERVICIO	\$ M.N.	750,000.0
SUPERVISION PARA ERECCION	\$ M.N.	756,000.0
FLETE Y SEGURO DE :		
TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	421,650.0
TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO	\$ M.N.	
FRONTERA O PUERTO MEX. AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	
INTEGRACION NACIONAL :		
PARA EQUIPO	%	70
PARA PARTES DE REPUESTO	%	50
GARANTIAS		
CLAUSULAS DE PENALIZACION		ACEPTADAS
TIEMPO DE ENTREGA DE DIBUJOS	SEMANAS	DE 8 A 10
TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPO	SEMANAS	50
TERMINOS DE PAGO		ACEPTADAS
VALIDEZ DE LA OFERTA	DIAS	90
ESCALACION		
LUGAR DE ENTREGA DEL EQUIPO		TOLUCA, EDD. MEX

## NOTAS :

(1) INCLUIDO EN EL PRECIO DE LA CALDERA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y  
 COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
 CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

FABRICANTE	B
PLANTA	AREA DE SERVICIOS AUXILIARES
LOCALIZACION	LAZARO CARDENAS, MICH.
CLAVE	CA-001
No. UNIDADES	UNA

**CALDERAS ACUOTUBULARES  
CUESTIONARIO TECNICO**

**DATOS GENERALES**

TIPO			ERECCION EN CAMA	
DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	ft	34.0/21.3/28.0	
AREA TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	41561	
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO	mmbtu/h	kgcl/h	256.2	
CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR	psi	kg/cm <sup>2</sup>	30	
TEMPERATURA DE DISEÑO	°f	°c		
PRESION DE DISEÑO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	750	
PESO DE LA CALDERA PARA EMBARQUE	mlb	ton		
PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	mlb	ton		

**DATOS DE OPERACION**

				PICO C.M.C. 100%	
EFICIENCIA BASADA EN EL A.P.C.	%	%		88	88
FLUJO DE:					
VAPOR GENERADO	Mlb/h	kg/h		220	220
PURGAS	%	%		0	0
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h		247	247
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h			
AIRE TEORICO	MLb/h	Mkg/h			
EXCESO DE AIRE	%	%		15	15
GASES A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h		263	263
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h			
TEMPERATURA DE:					
AGUA A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c		—	—
VAPOR EN EL DOMO SUPERIOR	°f	°c		500	500
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	°f	°c		80	80
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	°f	°c		480	480
GASES A LA SALIDA DEL HOGAR	°f	°c			
GASES A LA SALIDA DE LOS TUBOS PANTALLA	°f	°c			
GASES A LA SALIDA DEL SOBRECALENTADOR	°f	°c			
GASES A LA SALIDA DEL RECALENTADOR	°f	°c		—	—
GASES A LA SALIDA DEL BANCO GENERADOR	°f	°c		650	650
GASES A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c		—	—
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR				300	300
PRESION:					
EN EL HOGAR	psig	kg/cm <sup>2</sup>		7.6	7.6
EN EL DOMO SUPERIOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>		630	630

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y  
COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

			PICO	G.M.C.	100%		
DEL VAPOR A LA SALIDA DE LA VALVULA DE NO RETORNO			psig	kg/cm <sup>2</sup>		600	600
CALOR INTERCAMBIADO EN:							
HOGAR			mmbtu/h	kcal/h			
TUBOS PANTALLA							
SOBRECALENTADOR						39.4	39.4
RECALENTADOR						—	—
BANCO GENERADOR						216.8	216.8
ECONOMIZADOR						—	—
PRECALENTADOR DE AIRE						24.4	24.4
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR							
PERDIDAS DE CALOR POR:							
VAPOR DE AGUA EN EL AIRE PARA COMBUSTION						0.11	0.11
AGUA EN EL COMBUSTIBLE						5.9	5.9
HUMEDAD PRODUCIDA EN LA COMBUSTION						4.5	4.5
COMBUSTIBLE NO QUEMADO						—	—
RADIACION						0.5	0.5
OTROS						1.0	1.0
FLUX DE CALOR PROMEDIO EN:							
HOGAR			btu/hft <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>			
TUBOS PANTALLA							
SOBRECALENTADOR						16923	16923
RECALENTADOR						—	—
BANCO GENERADOR						10610	10610
ECONOMIZADOR						—	—
PRECALENTADOR DE AIRE						1296	1296
TEMPERATURA MAXIMA DE PARED EN:							
HOGAR			°f	°c			
TUBOS PANTALLA							
SOBRECALENTADOR							
RECALENTADOR							
BANCO GENERADOR							
ECONOMIZADOR							
PRECALENTADOR DE AIRE							
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR							
TEMPERATURA DE DISEÑO EN:							
HOGAR			°f	°c			
TUBOS PANTALLA							
SOBRECALENTADOR							
RECALENTADOR							
BANCO GENERADOR							
ECONOMIZADOR							
PRECALENTADOR DE AIRE							
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR							

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

			PICO	CMC	100%
<b>CAIDA DE PRESION DENTRO DE TUBOS EN:</b>					
SOBRECALENTADOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>		30	30
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				0	0
ECONOMIZADOR				—	—
<b>CAIDA DE PRESION DEL AIRE EN:</b>					
VENTILADOR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O		3.6	3.6
DUCTOS				0.8	0.8
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR					
PRECALENTADOR DE AIRE				3.15	3.15
QUEMADORES				4.0	4.0
<b>PERDIDA DE TIRO EN:</b>					
HOGAR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O		0	0
TUBOS PANTALLA					
SOBRECALENTADOR				0.15	0.15
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				3.1	3.1
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				3.8	3.8
DUCTOS				0.4	0.4
CHIMENEA				0	0

**DATOS DE DISEÑO**

<b>HOGAR</b>					
LIBERACION VOLUNTARIA DE CALOR	btu/h ft <sup>2</sup>	heal/hm <sup>2</sup>		26430	
DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	m		23.0/21.3/24.2	
VOLUMEN	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		11016	
AREA PROYECTADA EFECTIVA	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		2730	
<b>TIPO DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO/ESPACIAMIENTO EN:</b>					
PISO	in/in	mm/mm		MEMBR/3/3 1/8	
TECHO				MEMBR/3/3 1/8	
PAREDES LATERALES				MEMBR/3/3 1/8	
PARED DE QUEMADORES				MEMBR/3/3 1/8	
PARED POSTERIOR				MEMBR/3/3 1/8	
PARED DIVISORA				MEMBR/3/3 1/8	
<b>ESPESOR/MATERIAL/TEMPERATURA MAXIMA EN:</b>					
PISO	in/ft	mm/1°c		0.18/SA-192/700	
TECHO				0.18/SA-192/700	
PAREDES LATERALES				0.18/SA-192/700	
PARED DE QUEMADORES				0.18/SA-192/700	
PARED POSTERIOR				0.18/SA-192/700	
PARED DIVISORA				0.18/SA-192/700	

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

<b>QUEMADORES</b>			
TIPO			COMBUSTOLEO
NUMERO			4
PRESION REQUERIDA PARA:			
COMBUSTOLEO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	125
GAS	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
DIESEL	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE:			
PICO	mlb/h	mkg/h	
C.M.C.	mlb/h	mkg/h	15.7
100%	mlb/h	mkg/h	15.7
LIBERACION MAXIMA DE CALOR POR QUEMADOR	mmbtu/h	kcal/h	291.13
<b>PILOTOS</b>			
TIPO			GAS
NUMERO			4
PRESION REQUERIDA PARA EL COMBUSTIBLE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PILOTO	Lb/h	kg/h	
<b>SISTEMA DE ATOMIZACION</b>			
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	150
TEMPERATURA DEL VAPOR	°f	°c	250
CONSUMO DE VAPOR	Lbv/Lbc	kgv/kgc	1570
<b>TUBOS PANTALLA</b>			
HILERAS			
TUBOS POR HILERA			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2.0
LONGITUD	ft	m	7.8
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	
ESPESOR	in	mm	0.165
MATERIAL			SA-192
<b>SOBRECALENTADOR</b>			
NUMERO			1
TIPO			PRIMARIO VENTEABLE
AREA DE RADIACION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	—
AREA DE CONVECCION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	3327
NUMERO TOTAL DE TUBOS			
HILERAS			14
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			41
NUMERO TOTAL DE HORQUILLAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	3 / 3
LONGITUD / ANCHO	ft	m	11 /
ESPESOR	in	mm	0.165
MATERIAL			SA-213T11
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

<b>BANCO GENERADOR</b>			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	15700
LONGITUD / ANCHO / ALTURA	ft	m	11.0 / 21.0 / 28.0
NUMERO TOTAL DE TUBOS			576
<b>HILERAS</b>			
TUBOS POR HILERAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2 1/2
ESPACIAMIENTO 1 / II	in	mm	4 / 4 3/4
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	27
ESPEJOR	in	mm	0.105
MATERIAL			SA-192
NUMERO DE PASOS			3
<b>DOMO SUPERIOR</b>			
DISTANCIA ENTRE DOMOS	ft	m	28
DIAMETRO INTERNO	in	mm	60
LONGITUD	ft	m	25.83
ESPEJOR	in	mm	3
MATERIAL			SA-515-70
<b>INTERNOS</b>			
ESPEJOR DE MAMPARAS	in	mm	
ESPEJOR DE LA CAJA	in	mm	
ESPEJOR DE SEPARADORES	in	mm	
ESPEJOR DE LAVADORES	in	mm	
<b>DOMO INFERIOR</b>			
DIAMETRO INTERNO	in	mm	36
LONGITUD	ft	m	24.3
ESPEJOR	in	mm	1 3/4
MATERIAL			SA-515-70
<b>DESOBRECALENTADOR</b>			
TIPO			TUBO
FLUJO DE AGUA	Lb/h	Kg/h	6000
DIAMETRO	in	mm	10 3/4
LONGITUD	in	mm	10
MATERIAL			SA-335-P12
<b>ECONOMIZADOR</b>			
AREA TOTAL			
TIPO DE TUBOS			
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			
<b>HILERAS</b>			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
ESPACIAMIENTO 1 / II	in	mm	
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	
PROCESAMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y C. MUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

NO REQUIERE

ESPESOR	in	mm	
MATERIAL			
TIPO DE FLUJO			NO REQUIERE
POSICION			
SOPLADORES DE HOLLIN			
TIPO			ROTAT. Y RETR.
NUMERO			6
LOCALIZACION			SOBREC. Y BANK.
CONSUMO DE VAPOR POR CICLO	Lb/c	kg/c	1200
NUMERO DE CICLOS	c/dia	c/dia	3
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	600
TEMPERATURA DEL VAPOR			752
PRECALENTADOR DE AIRE			
TIPO			REGENERATIVO
NUMERO			1
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	18 800
ANCHO / ALTURA	ft	m	16.75 / 15
DIAMETRO	ft	m	12.83
TIPO DE FLUJO			CRUZADO
PERDIDAS DE AIRE	%	%	9.1
ACCIONADOR DEL PRECALENTADOR DE AIRE			
TIPO			MOTOR ELECTR.
POTENCIA NOMINAL	hp	kw	3 / 3
VELOCIDAD	RPM	RPM	1750
REDUCTOR DE VELOCIDAD			
TIPO			
RELACION DE REDUCCION			100 : 1
MOTOR DE AIRE			
TIPO			NEUMATICO
FLUJO DE AIRE	Lb/h	kg/h	0.21
PRESION DEL AIRE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	56.8
TEMPERATURA DEL AIRE	°f	°C	AMBIENTE
VENTILADOR			
TIPO			CENTRIFUGO
CAPACIDAD A:			
PICO	mLb/h	mkg/h	
C.M.C.	mLb/h	mkg/h	81525
100 %	mLb/h	mkg/h	81525
PRESION ESTATICA A LA SALIDA	in H <sub>2</sub> O	mmH <sub>2</sub> O	24.8
POTENCIA	hp	kw	416
EFICIENCIA A C.M.C.	%	%	75.0
VELOCIDAD MAXIMA DE LA FLECHA	RPM	RPM	
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.



DIAMETRO DE LA FLECHA	in	mm	
DIAMETRO DEL VENTILADOR	ft	m	
<b>ACCIONADORES DEL VENTILADOR</b>			
<b>MOTOR ELECTRICO:</b>			
TIPO			ABIERTO
<b>MATERIAL DE LA CUBIERTA</b>			
<b>POTENCIA NOMINAL / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	500 /
100 %	hp / %	kw / %	500 /
VELOCIDAD	rpm	rpm	1780
<b>TURBINA:</b>			
<b>TIPO</b>			
<b>CONSUMO DE VAPOR A:</b>			
<b>PICO</b>			
<b>C.M.C.</b>			
<b>100 %</b>			
<b>POTENCIA / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	416 /
100 %	hp / %	kw / %	416 /
VELOCIDAD	rpm	rpm	1780
<b>MOTOR DE DIESEL:</b>			
<b>TIPO</b>			
<b>CONSUMO DE DIESEL A:</b>			
PICO	Lb/h	kg/h	
C.M.C.	Lb/h	kg/h	
100 %	Lb/h	kg/h	
<b>POTENCIA / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
<b>NO REQUIERE</b>			
<b>CHIMENEA</b>			
NUMERO			1
DIAMETRO INTERNO	ft	m	6.75
ALTURA	ft	m	105
ESPESOR	in	mm	3/8
MATERIAL			SA-283-C
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	in	mm	1
MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO			STACKFAST
<b>DUCTOS</b>			
<b>DE AIRE:</b>			
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	3/16
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

MATERIAL DE GASES:			SA-283
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	3/16
MATERIAL			SA-283
<b>REFRACTARIO</b>			
TIPO			
ESPESOR EN LA CALDERA	in	mm	
ESPESOR EN LA CHIMENEA	in	mm	
MATERIAL			
DENSIDAD	Lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>	
LOCALIZACION EN LA CALDERA			
<b> AISLAMIENTO</b>			
TIPO			
ESPESOR EN LA CALDERA	in	mm	
ESPESOR EN LA CHIMENEA	in	mm	
MATERIAL			
DENSIDAD	lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>	
LOCALIZACION			
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUSULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

## ALCANCE DEL SUMINISTRO

	SI	NO
1. Caldera	<u>X</u>	<u>      </u>
2. Sobrecalentador	<u>X</u>	<u>      </u>
3. Quemadores	<u>X</u>	<u>      </u>
4. Control de seguridad para quemadores	<u>X</u>	<u>      </u>
5. Control de combustión y de agua de alimentación	<u>X</u>	<u>      </u>
6. Válvula de paro para agua de alimentación	<u>X</u>	<u>      </u>
7. Válvula de paro para el vapor principal	<u>X</u>	<u>      </u>
8. Aislante	<u>X</u>	<u>      </u>
9. Válvulas de seguridad	<u>X</u>	<u>      </u>
10. Plataformas y escaleras	<u>X</u>	<u>      </u>
11. Chimenea	<u>X</u>	<u>      </u>
12. Ductos de aire	<u>X</u>	<u>      </u>
13. Ductos de gases de combustión	<u>X</u>	<u>      </u>
14. Precalentador de aire	<u>X</u>	<u>      </u>
15. Ventilador de tiro forzado	<u>X</u>	<u>      </u>
16. Accionadores del ventilador	<u>X</u>	<u>      </u>
17. Sopladores de hollín	<u>X</u>	<u>      </u>
18. Instrumentación	<u>X</u>	<u>      </u>
19. Tableros de control local y general	<u>X</u>	<u>      </u>
20. Tubería para agua de alimentación, vapor y	<u>X</u>	<u>      </u>

	SI	NO
combustible hasta 10 metros de la caldera	_____	<u>  X  </u>
21. Tanque de purga	_____	<u>  X  </u>
22. Pintura	<u>  X  </u>	_____
23. Empaque y protección	<u>  X  </u>	_____
24. Herramientas especiales	_____	<u>  X  </u>
25. Inspección y prueba en el taller	<u>  X  </u>	_____
26. Desobrecalentador	<u>  X  </u>	_____
27. Precalentador de aire con vapor	<u>  X  </u>	_____
28. Bomba de alimentación	_____	<u>  X  </u>
29. Prueba hidrostática en campo	<u>  X  </u>	_____
30. Tubería, válvulas y accesorios hasta la válvula de no retomo del vapor	<u>  X  </u>	_____
31. Tubería para combustóleo, vapor de atomización y gas de pilotos hasta quemadores y pilotos	<u>  X  </u>	_____
32. Válvulas by-pass, estranguladores, trampas de vapor, estaciones de reducción de presión, medidores de presión y de temperatura y apagadores manuales para el manejo completo del sistema de combustión	<u>  X  </u>	_____
33. Tubería, válvulas reguladoras y by-pass para agua de alimentación	_____	<u>  X  </u>

	SI	NO
34. Alambrado para el sistema de control	<u>      </u>	<u>  X  </u>
35. Arrancadores y estaciones de control para motores eléctricos	<u>  X  </u>	<u>      </u>
36. Tubería y accesorios de cobre, tubería de acero y materiales de instalación que se requieran para conectar el equipo de control neumático	<u>      </u>	<u>  X  </u>

FABRICANTE	B
PLANTA	AREA DE SERVICIOS AUXILIARES
LOCALIZACION	LAZARO GARDENAS, MICH.
CLAVE	QA-001
No. UNIDADES	UNA

**CALDERAS ACUOTUBULARES**  
CUESTIONARIO COMERCIAL

PRECIO DE :		
CALDERA	\$ M.N.	28,000,000.0
AISLANTE	\$ M.N.	(1)
REFR. ARIO	\$ M.N.	(1)
PLATAFORMA Y ESCALERA	\$ M.N.	(1)
CHIMENEA	\$ M.N.	(1)
PRECALENTADOR DE AIRE	\$ M.N.	3,193,000.0
VENTILADOR	\$ M.N.	3,300,000.0
SOPLADORES DE HOLLIN	\$ M.N.	(1)
EMPAQUE Y PROTECCION	\$ M.N.	(1)
INSPECCION Y PRUEBA EN EL TALLER	\$ M.N.	(1)
DESOBRECALENTADOR	\$ M.N.	(1)
TABLEROS DE CONTROL	\$ M.N.	8,100,000.0
INSTRUMENTACION	\$ M.N.	(1)
PARTES DE REPUESTO	\$ M.N.	1,500,000.0
PARTES DE SERVICIO	\$ M.N.	NO INCLUYE
SUPERVISION PARA ERECCION	\$ M.N.	640,000.0
FLETE Y SEGURO DE :		
TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	900,000.0
TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO	\$ M.N.	
FRONTERA O PUERTO MEX. AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	
INTEGRACION NACIONAL :		
PARA EQUIPO	%	80
PARA PARTES DE REPUESTO	%	90
GARANTIAS		
CLAUSULAS DE PENALIZACION		ACEPTADAS
TIEMPO DE ENTREGA DE DIBUJOS	SEMANAS	10
TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPO	SEMANAS	38
TERMINOS DE PAGO		ACEPTADAS
VALIDEZ DE LA OFERTA	DIAS	90
ESCALACION		
LUGAR DE ENTREGA DEL EQUIPO		MONTERREY, N.L.

## NOTAS :

(1) INCLUIDO EN EL PRECIO DE LA CALDERA

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y  
COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

FABRICANTE	C
PLANTA	AREA DE SERVICIOS AUXILIARES
LOCALIZACION	
CLAVE	CA-001
No. UNIDADES	UNA

**CALDERAS ACUOTUBULARES**  
CUESTIONARIO TECNICO

**DATOS GENERALES**

TIPO			ERECCION EN CAMPO
DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	ft	18.5/33.0/21.8
AREA TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	27405
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO	mmbtu/h	kcal/h	256.6
CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR	psi	kg/cm <sup>2</sup>	84.5
TEMPERATURA DE DISEÑO	*f	*c	
PRESION DE DISEÑO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	740.0
PESO DE LA CALDERA PARA EMBARQUE	mlb	ton	
PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	mlb	ton	1080.2

**DATOS DE OPERACION**

		PICO C.M.C. 100%			
EFICIENCIA BASADA EN EL A.P.C.	%	%	88.07	88.07	
FLUJO DE:					
VAPOR GENERADO	Mlb/h	#kg/h	220	220	
PURGAS	%	%	0	0	
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	244	244	
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	220.5	220.5	
AIRE TEÓRICO	Mlb/h	Mkg/h			
EXCESO DE AIRE	%	%	5	5	
GASES A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	236	236	
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	Mlb/h	Mkg/h	259.6	259.6	
TEMPERATURA DE:					
AGUA A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	*f	*c	—	—	
VAPOR EN EL DOMO SUPERIOR	*f	*c	502	502	
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	*f	*c	80	80	
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	*f	*c	447	447	
GASES A LA SALIDA DEL HOGAR	*f	*c	—	—	
GASES A LA SALIDA DE LOS TURBOS PANTALLA	*f	*c	—	—	
GASES A LA SALIDA DEL SOBRECALENTADOR	*f	*c	672	672	
GASES A LA SALIDA DEL RECALENTADOR	*f	*c	—	—	
GASES A LA SALIDA DEL BANCO GENERADOR	*f	*c	—	—	
GASES A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	*f	*c	364	364	
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	*f	*c	—	—	
PRESION:					
EN EL HOGAR	psig	kg/cm <sup>2</sup>			
EN EL DOMO SUPERIOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	686	686	

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y  
COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZARO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

		PICO		C.H.C.	IGD%
DEL VAPOR A LA SALIDA DE LA VALVULA DE NO RETORNO		psig	kg/cm <sup>2</sup>	601.5	601.5
CALOR INTERCAMBIADO EN:					
HOGAR		mmbtu/h	kcal/h	—	—
TUBOS PANTALLA				—	—
SOBRECALENTADOR				38.64	38.64
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				63.38	63.38
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				20.05	20.05
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				—	—
PERDIDAS DE CALOR POR:					
VAPOR DE AGUA EN EL AIRE PARA COMBUSTION				0.12	0.12
AGUA EN EL COMBUSTIBLE				0.06	0.06
HUMEDAD PRODUCIDA EN LA COMBUSTION				5.37	5.37
COMBUSTIBLE NO QUEMADO				—	—
RADIACION				0.36	0.36
OTROS				6.02	6.02
FLUX DE CALOR PROMEDIO EN:					
HOGAR		btu/hft <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>	—	—
TUBOS PANTALLA				—	—
SOBRECALENTADOR				14477	14477
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				5525	5525
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				1759	1759
TEMPERATURA MAXIMA DE PARED EN:					
HOGAR		f	c	—	—
TUBOS PANTALLA				—	—
SOBRECALENTADOR				891	891
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				552	552
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				—	—
TEMPERATURA DE DISEÑO EN:					
HOGAR		f	c	—	—
TUBOS PANTALLA				—	—
SOBRECALENTADOR				700	700
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				700	700
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				845	845
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				845	845
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES					
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA		U. N. A. M.	



			PICO	CMC	100%
<b>CAIDA DE PRESION DENTRO DE TUBOS EN:</b>					
SOBRECALENTADOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>		43	43
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				—	—
ECONOMIZADOR				—	—
<b>CAIDA DE PRESION DEL AIRE EN:</b>					
VENTILADOR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O		—	—
DUCTOS				1.30	1.30
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				0.68	0.68
PRECALENTADOR DE AIRE				3.40	3.40
QUEMADORES				7.38	7.38
<b>PERDIDA DE TIRO EN:</b>					
HOGAR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O		—	—
TUBOS PANTALLA				—	—
SOBRECALENTADOR				0.45	0.45
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				1.37	1.37
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				4.40	4.40
DUCTOS				0.40	0.40
CHIMENEA				—	—

**DATOS DE DISEÑO**

<b>HOGAR</b>					
LIBERACION VOLUNTARIA DE CALOR	btu/h ft <sup>2</sup>	kcal/hm <sup>2</sup>		22741.0	
DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	m		32.9/18.5/23.0	
VOLUMEN	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		12761.0	
AREA PROYECTADA EFECTIVA	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		2703.0	
<b>TIPO DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO/ESPACIAMIENTO EN:</b>					
PISO	in/in	mm/mm		REFRACTARIO	
TECHO				MEMBR. 1/3/4	
PAREDES LATERALES				MEMBR. 1/3/4	
PARED DE QUEMADORES				MEMBR. 1/3/4	
PARED POSTERIOR				MEMBR. 1/3/4	
PARED DIVISORA				MEMBR. 1/3/4	
<b>ESPESOR/MATERIAL/TEMPERATURA MAXIMA EN:</b>					
PISO	in/ft	mm/°C		—	
TECHO				0.105/SA-192/	
PAREDES LATERALES				0.105/SA-192/	
PARED DE QUEMADORES				0.105/SA-192/	
PARED POSTERIOR				0.105/SA-192/	
PARED DIVISORA				0.105/SA-192/	

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

QUEMADORES				
TIPO			COMBUSTOLEO	
NUMERO			4	
PRESION REQUERIDA PARA:				
COMBUSTOLEO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	150	
GAS	psig	kg/cm <sup>2</sup>		
DIESEL	psig	kg/cm <sup>2</sup>		
CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE:				
PICO	mib/h	mkg/h		
C. M. C.	mib/h	mkg/h	15.6	
100%	mib/h	mkg/h	15.6	
LIBERACION MAXIMA DE CALOR POR QUEMADOR	mmbtu/h	kcal/h	145.2	
PILOTOS				
TIPO			GAS	
NUMERO			4	
PRESION REQUERIDA PARA EL COMBUSTIBLE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	3	
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PILOTO	lb/h	kg/h		
SISTEMA DE ATOMIZACION				
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	165 - 170	
TEMPERATURA DEL VAPOR	°f	°c		
CONSUMO DE VAPOR	lbv/lbc	kgv/kgc	0.12 - 0.15	
TUBOS PANTALLA				
HILERAS				
TUBOS POR HILERA				
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	NO REQUIERE	
LONGITUD	ft	m		
ESPACIAMIENTO I / II	in	mm		
ESPESOR	in	mm		
MATERIAL				
SOBRECALENTADOR				
NUMERO			1	
TIPO			PRIMARIO	SECUNDARIO
			DRENABLE	
AREA DE RADIACION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	—	
AREA DE CONVECCION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	2669	
NUMERO TOTAL DE TUBOS			288	
HILERAS			12	
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			24	
NUMERO TOTAL DE HORQUILLAS			6	
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2	
ESPACIAMIENTO I / II	in	mm	5.62	
LONGITUD / ANCHO	ft	m	18.3 / 11.2	
ESPESOR	in	mm	0.148	
MATERIAL			SA-213 T11	
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES				
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA		U. N. A. M.

BANCO GENERADOR			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	11470
LONGITUD / ANCHO / ALTURA	ft	m	33.0 / 6.0 / 21.0
NUMERO TOTAL DE TUBOS			1163
HILERAS			
TUBOS POR HILERAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	2.5
ESPACIAMIENTO 1 / II	in	mm	3.5 / 4.5
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	15.0
ESPESOR	in	mm	0.105 - 0.135
MATERIAL			SA-192
NUMERO DE PASOS			1
DOMO SUPERIOR			
DISTANCIA EN. RE DOMOS	ft	m	23.5
DIAMETRO INTERNO	in	mm	66
LONGITUD	ft	m	33.9
ESPESOR	in	mm	3 5/8
MATERIAL			SA-516-70
INTERNOS			
ESPESOR DE MAMPARAS	in	mm	3/8
ESPESOR DE LA CAJA	in	mm	1/4
ESPESOR DE SEPARADORES	in	mm	1/8
ESPESOR DE LAVADORES	in	mm	1/8
DOMO INFERIOR			
DIAMETRO INTERNO	in	mm	36
LONGITUD	ft	m	34.17
ESPESOR	in	mm	2 1/16
MATERIAL			SA-516-70
DESOBRECALENTADOR			
TIPO			SPRAY
FLUJO DE AGUA	Lb/h	kg/h	25937
DIAMETRO	in	mm	12 3/4
LONGITUD	in	mm	15.0
MATERIAL			SA-106-B
ECONOMIZADOR			
AREA TOTAL			
TIPO DE TUBOS			
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			
HILERAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
ESPACIAMIENTO 1 / II	in	mm	
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y C IMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

NO REQUIERE

ESPESOR	in	mm	
MATERIAL			
TIPO DE FLUJO			<del>NO REAÑERAE</del>
POSICION			
<b>SOPLADORES DE HOLLIN</b>			
TIPO			RETRACTIL
NUMERO			11
LOCALIZACION			S.C/B.G./P.A
CONSUMO DE VAPOR POR CICLO	Lb/c	kg/c	75
NUMERO DE CICLOS	c/dia	c/dia	3
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	670
TEMPERATURA DEL VAPOR			SATURADO
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>			
TIPO			REGENERATIVO
NUMERO			1
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	11400
ANCHO / ALTURA	ft	m	12.4 / 12.1
DIAMETRO	ft	m	
TIPO DE FLUJO			CONTRACORRIENTE
PERDIDAS DE AIRE	%	%	10
<b>ACCIONADOR DEL PRECALENTADOR DE AIRE</b>			
TIPO			MOTOR ELECTRICO
POTENCIA NOMINAL	hp	kw	2
VELOCIDAD	RPM	RPM	1160
<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>			
TIPO			ENGRANES
RELACION DE REDUCCION			82.2 : 1
<b>MOTOR DE AIRE</b>			
TIPO			
FLUJO DE AIRE	Lb/h	kg/h	45
PRESION DEL AIRE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	90
TEMPERATURA DEL AIRE	°f	°C	AMBIENTE
<b>VENTILADOR</b>			
TIPO			CENTRIFUGO
<b>CAPACIDAD A:</b>			
PICO	mLb/h	mkg/h	
C.M.C.	mlb/h	mkg/h	70468
100 %	mlb/h	mkg/h	70468
PRESION ESTATICA A LA SALIDA	in h <sub>2</sub> O	mmh <sub>2</sub> O	28.07
POTENCIA	hp	kw	402
EFICIENCIA A C.M.C.	%	%	75
VELOCIDAD MAXIMA DE LA FLECHA	RPM	RPM	2047
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

DIAMETRO DE LA FLECHA	in	m	
DIAMETRO DEL VENTILADOR	ft	m	
ACCIONADORES DEL VENTILADOR			
MOTOR ELECTRICO: ✓			
TIPO			
MATERIAL DE LA CUBIERTA			
POTENCIA NOMINAL / EFICIENCIA A:			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	1780
TURBINA: ✓			
TIPO			
CONSUMO DE VAPOR A:			
PICO			
C.M.C.			
100 %			
POTENCIA / EFICIENCIA A:			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	1780
MOTOR DE DIESEL:			
TIPO			
CONSUMO DE DIESEL A:			
PICO	Lb/h	kg/h	
C.M.C.	Lb/h	kg/h	
100 %	Lb/h	kg/h	
POTENCIA / EFICIENCIA A:			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
NO REQUIERE			
CHIMENEA			
NUMERO			1
DIAMETRO INTERNO	ft	m	6.3
ALTURA	ft	m	105
ESPESOR	in	mm	1/2
MATERIAL			CS-304 SS
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	in	mm	
MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO			
DUCTOS			
DE AIRE:			
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	2
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

MATERIAL DE GASES			CS-304SS
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	4
MATERIAL			CS-304SS
<b>REFRACTARIO</b>			
TIPO			CONCRETO REF.
ESPESOR EN LA CALDERA	in	mm	8
ESPESOR EN LA CHIMENEA	in	mm	2
MATERIAL			
DENSIDAD	Lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>	125
LOCALIZACION EN LA CALDERA			HOGAR / BANCO
<b>AISLAMIENTO</b>			
TIPO			COLCHONETA
ESPESOR EN LA CALDERA	in	mm	4
ESPESOR EN LA CHIMENEA	in	mm	4
MATERIAL			
DENSIDAD	Lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>	8
LOCALIZACION			TODA LA CALDERA
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

## ALCANCE DEL SUMINISTRO

	SI	NO
1. Caldera	<u>X</u>	<u>    </u>
2. Sobrecalentador	<u>X</u>	<u>    </u>
3. Quemadores	<u>X</u>	<u>    </u>
4. Control de seguridad para quemadores	<u>X</u>	<u>    </u>
5. Control de combustión y de agua de alimentación	<u>X</u>	<u>    </u>
6. Válvula de paro para agua de alimentación	<u>X</u>	<u>    </u>
7. Válvula de paro para el vapor principal	<u>X</u>	<u>    </u>
8. Aislante	<u>X</u>	<u>    </u>
9. Válvulas de seguridad	<u>X</u>	<u>    </u>
10. Plataformas y escaleras	<u>X</u>	<u>    </u>
11. Chimenea	<u>X</u>	<u>    </u>
12. Ductos de aire	<u>X</u>	<u>    </u>
13. Ductos de gases de combustión	<u>X</u>	<u>    </u>
14. Precalentador de aire	<u>X</u>	<u>    </u>
15. Ventilador de tiro forzado	<u>X</u>	<u>    </u>
16. Accionadores del ventilador	<u>X</u>	<u>    </u>
17. Sopladores de hollín	<u>X</u>	<u>    </u>
18. Instrumentación	<u>X</u>	<u>    </u>
19. Tableros de control local y general	<u>X</u>	<u>    </u>

	SI	NO
20. Tubería para agua de alimentación, vapor y combustible hasta 10 metros de la caldera	_____	<u>X</u>
21. Tanque de purgas	_____	<u>X</u>
22. Pintura	<u>X</u>	_____
23. Empaque y protección	<u>X</u>	_____
24. Herramientas especiales	_____	<u>X</u>
25. Inspección y prueba en el taller	<u>X</u>	_____
26. Desobrecalentador	<u>X</u>	_____
27. Precalentador de aire con vapor	<u>X</u>	_____
28. Bomba de alimentación	_____	<u>X</u>
29. Prueba hidrostática en campo	_____	<u>X</u>
30. Tubería, válvulas y accesorios hasta la válvula de no retomo del vapor	<u>X</u>	_____
31. Tubería para combustóleo, vapor de atomización y gas de pilotos hasta quemadores y pilotos	<u>X</u>	_____
32. Válvulas by-pass, estranguladoras, trampas de vapor, estaciones de reducción de presión, medidores de presión y de temperatura y apagadores manuales para el manejo completo del sistema de combustión	<u>X</u>	_____
33. Tubería, válvulas reguladoras y by-pass para agua de		



	SI	NO
alimentación		
34. Alambrado para el sistema de control	_____	<u>  X  </u>
35. Arrancadores y estaciones de control para motores eléctricos	<u>  X  </u>	_____
36. Tubería y accesorios de cobre, tubería de acero y materiales de instalación que se requieran para conectar el equipo de control neumático	_____	<u>  X  </u>

FABRICANTE *C*  
 PLANTA *AREA DE SERVICIOS AUXILIARES*  
 LOCALIZACION *LAZARO CARDENAS, MICH.*  
 CLAVE *CA-001*  
 No. UNIDADES *UNA*

**CALDERAS ACUOTUBULARES**  
 CUESTIONARIO COMERCIAL

PRECIO DE :		
CALDERA	\$ M.N.	<i>38,707,253.0</i>
AISLANTE	\$ M.N.	<i>(1)</i>
REFRACTARIO	\$ M.N.	<i>(1)</i>
PLATAFORMA Y ESCALERA	\$ M.N.	<i>(1)</i>
CHIMENEA	\$ M.N.	<i>(1)</i>
PRECALENTADOR DE AIRE	\$ M.N.	<i>(1)</i>
VENTILADOR	\$ M.N.	<i>(1)</i>
SOPLADORES DE HOLLIN	\$ M.N.	<i>(1)</i>
EMPAQUE Y PROTECCION	\$ M.N.	<i>(1)</i>
INSPECCION Y PRUEBA EN EL TALLER	\$ M.N.	<i>NO INCLUYE</i>
DESOBRECALENTADOR	\$ M.N.	<i>(1)</i>
TABLEROS DE CONTROL	\$ M.N.	<i>(1)</i>
INSTRUMENTACION	\$ M.N.	<i>(1)</i>
PARTES DE REPUESTO	\$ M.N.	<i>932,623.0</i>
PARTES DE SERVICIO	\$ M.N.	<i>NO INCLUYE</i>
SUPERVISION PARA ERECCION	\$ M.N.	<i>643,830.0</i>
FLETE Y SEGURO DE :		
TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	<i>286,000.0</i>
TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO	\$ M.N.	
FRONTERA O PUERTO MEX. AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	<i>907,000.0</i>
INTEGRACION NACIONAL :		
PARA EQUIPO	%	<i>30</i>
PARA PARTES DE REPUESTO	%	<i>30</i>
GARANTIAS		<i>ACEPTADAS</i>
CLAUSULAS DE PENALIZACION		
TIEMPO DE ENTREGA DE DIBUJOS	SEMANAS	
TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPO	SEMANAS	<i>28</i>
TERMINOS DE PAGO		<i>ACEPTADAS</i>
VALIDEZ DE LA OFERTA	DIAS	<i>90</i>
ESCALACION		<i>FLORIDA, CANADA</i>
LUGAR DE ENTREGA DEL EQUIPO		

## NOTAS :

*(1) INCLUIDO EN EL PRECIO DE LA CALDERA*

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA ECONOMICA Y  
 COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ  
 GARBA IAL Y COMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

FABRICANTE D'			
PLANTA AREA DE SERVICIOS AUXILIARES			
LOCALIZACION LAZARD CARDENAS, MICH.			
CLAVE CA-001			
No. UNIDADES UNA			
<b>CALDERAS ACUOTUBULARES CUESTIONARIO TECNICO</b>			
<b>DATOS GENERALES</b>			
TIPO			PAQUETE D
DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	m	12.0/5.0/8.0
AREA TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	2172
CALOR TOTAL INTERCAMBIADO	mmbtu/h	kcal/h	76.7
CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR	psi	kg/cm <sup>2</sup>	31.3
TEMPERATURA DE DISEÑO	°f	°c	
PRESION DE DISEÑO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	50
PESO DE LA CALDERA PARA EMBARQUE	mlb	ton	140
PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	mlb	ton	170
<b>DATOS DE OPERACION</b>			
EFICIENCIA BASADA EN EL A.P.C.	%	%	PICO CMC 160%
FLUJO DE:			90 90
VAPOR GENERADO	Mlb/h	Mkg/h	80 80
PURGAS	%	%	0 0
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h	129 129
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h	116 116
AIRE TEORICO	Mlb/h	Mkg/h	
EXCESO DE AIRE	%	%	15 15
GASES A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h	124 124
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	MLb/h	Mkg/h	137 137
TEMPERATURA DE:			
AGUA A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c	— —
VAPOR EN EL DOMO SUPERIOR	°f	°c	256 256
AIRE A LA ENTRADA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	26 26
AIRE A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	192 192
GASES A LA SALIDA DEL HOGAR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DE LOS TUBOS PANTALLA	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL SOBRECALENTADOR	°f	°c	
GASES A LA SALIDA DEL RECALENTADOR	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL BANCO GENERADOR	°f	°c	360 360
GASES A LA SALIDA DEL ECONOMIZADOR	°f	°c	— —
GASES A LA SALIDA DEL PRECALENTADOR	°f	°c	218 218
PRESION:			
EN EL HOGAR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	
EN EL DOMO SUPERIOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	44 44
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

		PICO	CH.C.	100%
DEL VAPOR A LA SALIDA DE LA VALVULA DE NO RETORNO		psig	kg/cm <sup>2</sup>	400 400
CALOR INTERCAMBIADO EN:				
HOGAR		mmbtu/h	kcal/h	
TUBOS PANTALLA				— —
SOBRECALENTADOR				7.9x10 <sup>6</sup> 7.9x10 <sup>6</sup>
RECALENTADOR				— —
BANCO GENERADOR				55x10 <sup>6</sup> 55x10 <sup>6</sup>
ECONOMIZADOR				— —
PRECALENTADOR DE AIRE				4.6x10 <sup>6</sup> 4.6x10 <sup>6</sup>
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				
PERDIDAS DE CALOR POR:				
VAPOR DE AGUA EN EL AIRE PARA COMBUSTION				— —
AGUA EN EL COMBUSTIBLE				— —
HUMEDAD PRODUCIDA EN LA COMBUSTION				— —
COMBUSTIBLE NO QUEMADO				0.5 0.5
RADIACION				0.5 0.5
OTROS				— —
FLUX DE CALOR PROMEDIO EN:				
HOGAR		btu/hft <sup>2</sup>	kcal/m <sup>2</sup>	
TUBOS PANTALLA				
SOBRECALENTADOR				65900 65900
RECALENTADOR				— —
BANCO GENERADOR				51000 51000
ECONOMIZADOR				— —
PRECALENTADOR DE AIRE				4900 4900
TEMPERATURA MAXIMA DE PARED EN:				
HOGAR		°f	°c	
TUBOS PANTALLA				— —
SOBRECALENTADOR				450 450
RECALENTADOR				— —
BANCO GENERADOR				290 290
ECONOMIZADOR				— —
PRECALENTADOR DE AIRE				
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				
TEMPERATURA DE DISEÑO EN:				
HOGAR		°f	°c	
TUBOS PANTALLA				— —
SOBRECALENTADOR				450 450
RECALENTADOR				— —
BANCO GENERADOR				300 300
ECONOMIZADOR				— —
PRECALENTADOR DE AIRE				
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

			PICO	CMC	ICCS
<b>CAIDA DE PRESION DENTRO DE TUBOS EN:</b>					
SOBRECALENTADOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>		1.8	1.8
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				—	—
ECONOMIZADOR				—	—
<b>CAIDA DE PRESION DEL AIRE EN:</b>					
VENTILADOR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O		—	—
DUCTOS				30	30
PRECALENTADOR DE AIRE CON VAPOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				90	90
QUEMADORES				180	180
<b>PERDIDA DE TIRO EN:</b>					
HOGAR	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O		0	0
TUBOS PANTALLA				—	—
SOBRECALENTADOR				40	40
RECALENTADOR				—	—
BANCO GENERADOR				135	135
ECONOMIZADOR				—	—
PRECALENTADOR DE AIRE				50	50
DUCTOS				20	20
CHIMENEA				—	—

**DATOS DE DISEÑO**

<b>HOGAR</b>					
LIBERACION VOLUNTARIA DE CALOR	btu/h ft <sup>2</sup>	kcal/hm <sup>2</sup>		498	600
DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	ft	m			
VOLUMEN	ft <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>		154	
AREA PROYECTADA EFECTIVA	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		179	
<b>TIPO DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO/ESPACIAMIENTO EN:</b>					
PISO	/in/in	/mm/mm		76.2	100
TECHO				76.2	100
PAREDES LATERALES				76.2	100
PARED DE QUEMADORES				76.2	100
PARED POSTERIOR				76.2	100
PARED DIVISORA				76.2	100
<b>ESPESOR/MATERIAL/TEMPERATURA MAXIMA EN:</b>					
PISO	in / ft	mm / °c		3.5	57835 /
TECHO				3.5	57835 /
PAREDES LATERALES				3.5	57835 /
PARED DE QUEMADORES				3.5	57835 /
PARED POSTERIOR				3.5	57835 /
PARED DIVISORA				3.5	57835 /

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

QUEMADORES				
TIPO			COMBUSTOLEO Y GAS	
NUMERO			2	
PRESION REQUERIDA PARA:				
COMBUSTOLEO	psig	kg/cm <sup>2</sup>	13.0	
GAS	psig	kg/cm <sup>2</sup>	2.0	
DIESEL	psig	kg/cm <sup>2</sup>		
CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE:				
PICO	mLb/h	mkg/h		
C. M. C.	mLb/h	mkg/h	6969.8	
100%	mLb/h	mkg/h	6969.8	
LIBERACION MAXIMA DE CALOR POR QUEMADOR		mmbtu/h	kcal/h	38 355 000
PILOTOS				
TIPO			GAS	
NUMERO			2	
PRESION REQUERIDA PARA EL COMBUSTIBLE				
CONSUMO DE COMBUSTIBLE POR PILOTO	Lb/h	kg/h	0.1	
SISTEMA DE ATOMIZACION				
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	15	
TEMPERATURA DEL VAPOR	°f	°c		
CONSUMO DE VAPOR	Lbv/Lbc	kgv/kgc	1150	
TUBOS PANTALLA				
HILERAS				
TUBOS POR HILERA				
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	NO REQUIERE	
LONGITUD	ft	m		
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm		
ESPESOR	in	mm		
MATERIAL				
SOBRECALENTADOR				
NUMERO				
			1	
TIPO			PRIMARIO SECUNDARIO	
			DEBENBLE	
AREA DE RADIACION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>		
AREA DE CONVECCION	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	150	
NUMERO TOTAL DE TUBOS				
HILERAS				
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA				
NUMERO TOTAL DE HORQUILLAS				
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	50.8	
ESPACIAMIENTO L / II	in	mm	110	
LONGITUD / ANCHO	ft	m	9.7 /	
ESPESOR	in	mm	3.5	
MATERIAL			57B35	
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES				
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.	

<b>BANCO GENERADOR</b>			
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	847
LONGITUD / ANCHO / ALTURA	ft	m	12.2 / 1.5 / 9.5
NUMERO TOTAL DE TUBOS			1098
<b>HILERAS</b>			
<b>TUBOS POR HILERAS</b>			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	50.8
ESPACIAMIENTO 1 / 11	in	mm	100
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	9.3
ESPESOR	in	mm	3.2
MATERIAL			STB 35
NUMERO DE PASOS			1
<b>DOMO SUPERIOR</b>			
DISTANCIA ENTRE DOMOS	ft	m	6
DIAMETRO INTERNO	in	mm	1350
LONGITUD	ft	m	10.6
ESPESOR	in	mm	70
MATERIAL			SB 46
<b>INTERNOS</b>			
ESPESOR DE MAMPARAS	in	mm	
ESPESOR DE LA CAJA	in	mm	
ESPESOR DE SEPARADORES	in	mm	
ESPESOR DE LAVADORES	in	mm	
<b>DOMO INFERIOR</b>			
DIAMETRO INTERNO	in	mm	850
LONGITUD	ft	m	10.6
ESPESOR	in	mm	44
MATERIAL			SB 46
<b>DESOBRECALENTADOR</b>			
TIPO			SPRAY
FLUJO DE AGUA	lb/h	kg/h	
DIAMETRO	in	mm	
LONGITUD	in	mm	
MATERIAL			
<b>ECONOMIZADOR</b>			
AREA TOTAL			
TIPO DE TUBOS			
NUMERO DE TUBOS EN LA PRIMERA HILERA			
HILERAS			
DIAMETRO EXTERNO	in	mm	
ESPACIAMIENTO 1 / 11	in	mm	
LONGITUD DE TUBOS	ft	m	
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

NO REQUIERE PD.

ESPESOR	m	mm	
MATERIAL			
TIPO DE FLUJO			<b>NO REQUIERE</b>
POSICION			
<b>SOPLADORES DE HOLLIN</b>			
TIPO			
NUMERO			4
LOCALIZACION			S.C / B.G.
CONSUMO DE VAPOR POR CICLO	lb/c	kg/c	3000
NUMERO DE CICLOS	c/dia	c/dia	3
PRESION DEL VAPOR	psig	kg/cm <sup>2</sup>	14
TEMPERATURA DEL VAPOR			SATURADO
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>			
TIPO			
NUMERO			REGENERATIVO
AREA TOTAL	ft <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	1
ANCHO / ALTURA	ft	m	950
DIAMETRO	ft	m	3.83 / 4.3
TIPO DE FLUJO			3.6
PERDIDAS DE AIRE	%	%	CONTRA CORRIENTE
			11.5
<b>ACCIONADOR DEL PRECALENTADOR DE AIRE</b>			
TIPO			
POTENCIA NOMINAL	hp	kw	MOTOR ELECTRIC
VELOCIDAD	RPM	RPM	3.2
			1200
<b>REDUCTOR DE VELOCIDAD</b>			
TIPO			
RELACION DE REDUCCION			25/6 : 1200
<b>MOTOR DE AIRE</b>			
TIPO			
FLUJO DE AIRE	lb/h	kg/h	35
PRESION DEL AIRE	psig	kg/cm <sup>2</sup>	4
TEMPERATURA DEL AIRE	°f	°C	20
<b>VENTILADOR</b>			
TIPO			
CAPACIDAD A:			DBBLE SUCCION
PICO	mLb/h	mkg/h	
C.M.C.	mLb/h	mkg/h	2235
100 %	mLb/h	mkg/h	
PRESION ESTATICA A LA SALIDA	in H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O	60
POTENCIA	hp	kw	345
EFICIENCIA A C.M.C.	%	%	73
VELOCIDAD MAXIMA DE LA FLECHA	RPM	RPM	
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.



DIAMETRO DE LA FLECHA	in	mm	
DIAMETRO DEL VENTILADOR	ft	m	
<b>ACCIONADORES DEL VENTILADOR</b>			
<b>MOTOR ELECTRICO:</b>			
TIPO			ENFRIADO CON AIRE
MATERIAL DE LA CUBIERTA			ACERO AL CARBON
<b>POTENCIA NOMINAL / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	380 /
100 %	hp / %	kw / %	380 /
VELOCIDAD	rpm	rpm	1800
<b>TURBINA:</b>			
TIPO			UNA ETAPA
<b>CONSUMO DE VAPOR A:</b>			
PICO			
C.M.C.			3.3
100 %			3.3
<b>POTENCIA / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	380 /
100 %	hp / %	kw / %	380 /
VELOCIDAD	rpm	rpm	1750
<b>MOTOR DE DIESEL:</b>			
<b>TIPO</b>			
<b>CONSUMO DE DIESEL A:</b>			
PICO	Lb/h	kg/h	
C.M.C.	Lb/h	kg/h	
100 %	Lb/h	kg/h	
<b>POTENCIA / EFICIENCIA A:</b>			
PICO	hp / %	kw / %	
C.M.C.	hp / %	kw / %	
100 %	hp / %	kw / %	
VELOCIDAD	rpm	rpm	
<b>NO REQUIERE</b>			
<b>CHIMENEA</b>			
NUMERO			1
DIAMETRO INTERNO	ft	m	2.0
ALTURA	ft	m	50
ESPESOR	in	mm	9.5
MATERIAL			ACERO AL CARBON
ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO	in	mm	
MATERIAL DEL RECUBRIMIENTO			
<b>DUCTOS</b>			
<b>DE AIRE:</b>			
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	4.5
<b>PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES</b>			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

MATERIAL DE GASES:			ACERO AL CARBON
DIMENSIONES LARGO / ANCHO / ALTURA	ft	m	
ESPESOR	in	mm	4.5
MATERIAL			ACERO AL CARBON
REFRACTARIO			
TIPO			LADRILLO REF.
ESPESOR EN LA CALDERA	in	mm	65
ESPESOR EN LA CHIMENEA	in	mm	
MATERIAL			
DENSIDAD	Lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>	
LOCALIZACION EN LA CALDERA			PARED DIVISORIA
ISLAMIENTO			
TIPO			COLCHONETA
ESPESOR EN LA CALDERA	in	mm	50
ESPESOR EN LA CHIMENEA	in	mm	50
MATERIAL			
DENSIDAD	Lb / ft <sup>3</sup>	kg / cm <sup>3</sup>	
LOCALIZACION			TODA LA CALDERA
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO		FAC. QUIMICA	U. N. A. M.

## ALCANCE DE SUMINISTRO

	SI	NO
1. Caldera	<u>X</u>	<u>    </u>
2. Sobrecalentador	<u>X</u>	<u>    </u>
3. Quemadores	<u>X</u>	<u>    </u>
4. Control de seguridad para quemadores	<u>X</u>	<u>    </u>
5. Control de combustión y de agua de alimentación	<u>X</u>	<u>    </u>
6. Válvula de paro para agua de alimentación	<u>X</u>	<u>    </u>
7. Válvula de paro para el vapor principal	<u>X</u>	<u>    </u>
8. Aislante	<u>X</u>	<u>    </u>
9. Válvulas de seguridad	<u>X</u>	<u>    </u>
10. Plataformas y escaleras	<u>X</u>	<u>    </u>
11. Chimenea	<u>X</u>	<u>    </u>
12. Ductos de aire	<u>X</u>	<u>    </u>
13. Ductos de gases de combustión	<u>X</u>	<u>    </u>
14. Precalentador de aire	<u>X</u>	<u>    </u>
15. Ventilador de tiro forzado	<u>X</u>	<u>    </u>
16. Accionadores del ventilador	<u>X</u>	<u>    </u>
17. Sopladores de hollín	<u>X</u>	<u>    </u>
18. Instrumentación	<u>X</u>	<u>    </u>
19. Tableros de control local y general	<u>X</u>	<u>    </u>
20. Tubería para agua de alimentación, vapor y	<u>X</u>	<u>    </u>

	SI	NO
combustible hasta 10 metros de la caldera	<u>X</u>	<u>      </u>
21. Tanque de purgas	<u>      </u>	<u>X</u>
22. Pintura	<u>X</u>	<u>      </u>
23. Empaque y protección	<u>X</u>	<u>      </u>
24. Herramientas especiales	<u>X</u>	<u>      </u>
25. Inspección y prueba en el taller	<u>X</u>	<u>      </u>
26. Desobrecalentador	<u>X</u>	<u>      </u>
27. Precalentador de aire con vapor	<u>X</u>	<u>      </u>
28. Bomba de alimentación	<u>      </u>	<u>X</u>
29. Prueba hidrostática en campo	<u>      </u>	<u>X</u>
30. Tubería, válvulas y accesorios hasta la válvula de no retorno del vapor	<u>X</u>	<u>      </u>
31. Tubería para combustóleo, vapor de atomización y gas de pilotos hasta quemadores y pilotos	<u>X</u>	<u>      </u>
32. Válvulas by-pass, estranguladoras, trampas de vapor, estaciones de reducción de presión, medidores de presión y de temperatura y apagadores manuales para el manejo completo del sistema de combustión	<u>X</u>	<u>      </u>
33. Tubería, válvulas reguladoras y by-pass para -		

	SI	NO
agua de alimentación	<u>X</u>	<u>      </u>
34. Alambrado para el sistema de control	<u>      </u>	<u>X</u>
35. Arrancadores y estaciones de control para motores eléctricos	<u>      </u>	<u>X</u>
36. Tubería y accesorios de cobre, tubería de acero y materiales de instalación que se requieran para conectar el equipo de control neumático	<u>      </u>	<u>X</u>

FABRICANTE **D**  
 PLANTA **AREA DE SERVICIOS AUXILIARES**  
 LOCALIZACION **LAZARO CARDENAS, MICH.**  
 CLAVE **GA-001**  
 No. UNIDADES **UNA**

**CALDERAS ACUOTUBULARES**  
 CUESTIONARIO COMERCIAL

PRECIO DE :		
CALDERA	\$ M.N.	17,432,230.0
AISLANTE	\$ M.N.	(1)
REFRACTARIO	\$ M.N.	(1)
PLATAFORMA Y ESCALERA	\$ M.N.	(1)
CHIMENEA	\$ M.N.	1,962,850.0
PRECALENTADOR DE AIRE	\$ M.N.	2,631,280.0
VENTILADOR	\$ M.N.	1,750,650.0
SOPLADORES DE HOLLIN	\$ M.N.	(1)
EMPAQUE Y PROTECCION	\$ M.N.	(1)
INSPECCION Y PRUEBA EN EL TALLER	\$ M.N.	NO INCLUYE
DESOBRECALENTADOR	\$ M.N.	(1)
TABLEROS DE CONTROL	\$ M.N.	3,129,750.0
INSTRUMENTACION	\$ M.N.	509,280.0
PARTES DE REPUESTO	\$ M.N.	381,960.0
PARTES DE SERVICIO	\$ M.N.	NO INCLUYE
SUPERVISION PARA ERECCION	\$ M.N.	638,722.0
FLETE Y SEGURO DE :		
TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	
TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO	\$ M.N.	5,650,886.0
FRONTERA O PUERTO MEX. AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.	
INTEGRACION NACIONAL :		
PARA EQUIPO	%	0
PARA PARTES DE REPUESTO	%	0
GARANTIAS		ACEPTADAS
CLAUSULAS DE PENALIZACION		
TIEMPO DE ENTREGA DE DIBUJOS	SEMANAS	
TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPO	SEMANAS	52
TERMINOS DE PAGO		ACEPTADAS
VALIDEZ DE LA OFERTA	DIAS	92
ESCALACION		
LUGAR DE ENTREGA DEL EQUIPO		KOBE, JAPON

## NOTAS :

(1) INCLUIDO EN EL PRECIO DE LA CALDERA.

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y  
 COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA. TERESA PEREZ  
 CARBAJAL Y CAMPUZANO

FAC. QUIMICA

U. N. A. M.

## RESULTADOS DE LA EVALUACION TERMICA (FABRICANTE B)

### HOGAR:

Carga térmica de la caldera	255,508,000.0 BTU/h
Eficiencia basada en el B.P.C.	93.02%
Calor liberado por el combustible	274,680,714.0 BTU/h
Consumo de combustible	15,600.0 lb/h
Relación aire-combustible	13.45
Flujo de aire	242,221.0 lb/h
Flujo de gases de combustión	257,881.0 lb/h
Area de refractario en el hogar	908.65
Factor de absorción	1.0
Presión parcial de los gases	0.25 atm
Longitud promedio de haz	14.8 ft
Temperatura de gases supuesta a la salida del hogar	2,300 °F
Emisividad de los gases	0.44
Fracción de calor que entra con el combustible	0.003968
Fracción de calor que entra con el aire	0.089
Fracción de calor que sale con los gases	0.6
Factor de forma	0.45
Flux de calor <sub>1</sub>	102,222.0 BTU/h ft <sup>2</sup>
Temperatura de película	1,000 °F

Flux de calor<sub>2</sub> 100,000.0 BTU/h ft<sup>2</sup>

Calor absorbido en la cámara de radiación 128,992,500.0 BTU/h



## TUBOS PANTALLA

Temperatura de gases supuesta a la salida 2,200 °F  
Diferencia de temperatura media logaritmica 1,760 °F  
Claro entre tubos 1.0 pulg  
Area de flujo de los gases 38.5 ft<sup>2</sup>  
Masa velocidad de los gases 6,700 lb/h ft<sup>2</sup>  
Factor de corrección del número de Reynolds 1.75  
Número de Reynolds 11,725.0  
Coeficiente base de convección y conducción para los gases 120 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Factor de propiedades físicas para los gases 0.14  
Factor de arreglo 0.85  
Factor de profundidad 1.0  
Coeficiente de convección de los gases 14.28 BTU/h ft<sup>2</sup>  
Temperatura de pared 590 °F  
Coeficiente base de radiación 9.0 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Relación longitud-diámetro 0.125  
Longitud promedio de haz 0.25  
Factor de radiación 0.2  
Area total de los tubos 236 ft<sup>2</sup>  
Area de los tubos expuesta a radiación de los gases provenientes del hogar 203 ft<sup>2</sup>  
Area de los tubos pantalla 253 ft<sup>2</sup>  
Factor de áreas 0.14

Coefficiente global de transferencia de calor 14.5 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Calor transferido 6,000,000.0 BTU/h

Temperatura calculada de los gases a la salida 2,219 °F

## SOBRECALENTADOR

Calor requerido	38,940,000.0 BTU/h
Temperatura de los gases a la salida	1,680 °F
Diferencia de temperatura media logarítmica	1,315 °F
Temperatura de película	1,280 °F
Area de flujo de los gases	27.13 ft <sup>2</sup>
Masa velocidad de los gases	9,507 lb/h ft <sup>2</sup>
Factor de corrección del número de Reynolds	1.7
Número de Reynolds	16,162.0
Coefficiente base de convección y conducción para los gases	160 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Factor de propiedades físicas para los gases	0.136
Factor de arreglo	0.85
Factor de profundidad	1.0
Coefficiente de convección de los gases	18.49 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Temperatura de pared	852 °F
Coefficiente base de radiación	11.0 BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Relación longitud - diámetro	0.2
Longitud promedio del haz	0.4 ft
Area expuesta a radiación	50.6 ft <sup>2</sup>
Area de los tubos del sobrecalentador	2,327 ft <sup>2</sup>
Factor de áreas	0.97
Coefficiente de radiación de los gases	32.0 BTU/h ft <sup>2</sup> °F

Area de flujo del vapor 0.62 ft<sup>2</sup>  
Masa velocidad del vapor 352,759.0 lb/h ft<sup>2</sup>  
Coeficiente base de convección y conducción del vapor 935 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Factor de propiedades físicas para el vapor 0.325  
Temperatura promedio del vapor 621 °F  
Factor de temperatura 0.95  
Coeficiente de convección del vapor 241.0 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Coeficiente global de transferencia de calor 19.9 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Factor de corrección para temperatura 0.28  
Temperatura real del vapor sobrecalentado 968 °F  
Temperatura real de los gases a la salida 1,497 °F  
Calor transferido 52,000,000.0 BTU/h

BANCO GENERADOR:

Temperatura de gases supuesta a la salida del banco generador 650 °F  
Diferencia de temperatura media logaritmica 465 °F  
Temperatura de película 722.5 °F  
Area de flujo de los gases 73.1 ft<sup>2</sup>  
Masa velocidad de los gases 3,527.7 lb/h ft<sup>2</sup>  
Factor de corrección del número de Reynolds 2.8  
Número de Reynolds 9,877.8  
Coeficiente base de convección y radiación de los gases 75.0 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Factor de propiedades físicas de los gases 0.118  
Factor de arreglo 0.97  
Factor de profundidad 1.0  
Coeficiente de convección de los gases 8.58  
Temperatura de pared 590 °F  
Coeficiente base de radiación de los gases 4.5 BTU/h ft<sup>2</sup> °F  
Relación longitud - diámetro 0.26  
Longitud promedio del haz 0.65 ft  
Factor de radiación 0.35  
Area frontal del banco generador 189 ft<sup>2</sup>  
Area de los tubos del banco generador 15,700 ft<sup>2</sup>  
Relación de áreas 0.987  
Coeficiente de radiación de los gases 1.55 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Coefficiente global de transferencia de calor 10.13 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Calor transferido 73,900,000.0 BTU/h

Temperatura calculada de los gases a la salida 639 °F

## PRECALENTADOR DE AIRE TIPO REGENERATIVO

Calor transferido 26,170,000.0 BTU/h

Temperatura de salida del aire 484 °F

Diferencia de temperatura media logaritmica 191 °F

Coefficiente global de transferencia de calor 6.5 BTU/h ft<sup>2</sup> °F

Area calculada del precalentador de aire 21,079 ft<sup>2</sup>

## RESULTADOS DE LA EVALUACION ECONOMICA

### Precio Total sin Penalizaciones:

Caldera	28,000,000.0
Precalentador de aire	3,193,000.0
Ventilador	3,300,000.0
Tableros de control	8,100,000.0
Partes de repuesto	1,500,000.0
Supervisión para erección	180,000.0
Flete y seguro total	<u>900,000.0</u>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 45,173,000.0</b>

### Precio Total con Penalizaciones:

Partes de servicio	750,000.0
Integración nacional	1,300,290.0
Precio total sin penalizaciones	<u>45,173,000.0</u>
<b>PRECIO TOTAL DEL EQUIPO</b>	<b>\$ 47,223,290.0</b>

### Costos Fijos Anuales:

Interés	8% semestral
Años	10
Factor de mantenimiento	5.6 % anual
Mantenimiento	1,034,790.0
Depreciación	<u>9,019,384.0</u>
<b>SUBTOTAL</b>	<b>\$ 10,654,174.0</b>



Costos de Operación Anual:

Combustible	19,573,209.0
Vapor de atomización	187,536.0
Gas de pilotos	172,248.0
Vapor de sopladores	17,916.0
Energía eléctrica	<u>1,610,732.0</u>
SUBTOTAL	\$ 21,561,641.0

Costos Totales Anuales:

Costos fijos anuales	10,654,174.0
Costos de operación anual	<u>21,561,641.0</u>
TOTAL	\$ 32,215,815.0

Valor presente a la fecha de arranque: \$ 158,150,657.0

**TABULACION TECNICA DE COTIZACIONES DE CALDERAS**

DESCRIPCION AREA DE SERVICIOS AUXILIARES HOJA 1 DE 5  
 LOCALIZACION LAZARO CAJENAS, MICH. FECHA 30 - JULIO - 1980

CLAVE <u>CA-001</u> SERVICIO <u>GENERACION DE VAPOR</u>		UNIDADES	BASE	FABRICANTES			
DESCRIPCION DE OPERACION				FABRICANTE A	FABRICANTE B	FABRICANTE C	FABRICANTE D
1	VAPOR GENERADO 100%	Lb/h	220,000.0	220,000.0	220,000.0	220,000.0	176,000.0
2	PRESION DE AGUA DE ALIMENTACION	psig	241.0	241.0	241.0	241.0	241.0
3	TEMPERATURA DE AGUA DE ALIMENTACION	°F	247.0	247.0	247.0	247.0	247.0
4	PRESION DEL VAPOR GENERADO	psig	601.5	601.5	601.5	601.5	601.5
5	TEMPERATURA DEL VAPOR GENERADO	°F	722.0	722.0	722.0	722.0	722.0
6	CAIDA DE PRESION TOTAL DEL VAPOR DE AGUA	psi	32.5	30.0	30.0	34.5	31.3
7	PURGAS	%	86.8	88.0	88.0	88.0	90.0
8	CALOR TOTAL LIBERADO 100%	MMBTU/h	262.0	256.2	256.2	256.6	304.4
9	EFICIENCIA 100%	%	88				
10	CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>DATOS DE DISEÑO</b>							
11	SUPERFICIE TOTAL DE TRANSFERENCIA DE CALOR	pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	53,507.0	41,561.0	29,630.0	23,379.0
12	DIMENSIONES TOTALES LARGO/ANCHO/ALTURA	pie <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	16.0/46.2/40.3	34.0/21.3/28.0	33.0/18.5/21.2	37.6/16.5/26.4
13	PRESION DE DISEÑO	psig	Kg/cm <sup>2</sup>	625.0	750.0	740.0	711.0
14	PESO DE LA CALDERA EN OPERACION	Lb	Kg	953,000.0	51	1,080,030.0	374,000
15	CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>HOGAR</b>							
16	FLUX DE CALOR	BTU/h pie <sup>2</sup>	Kcal/h m <sup>2</sup>	110,000.0	100,880.0	110,000.0	107,361.5
17	LIBERACION VOLUMETRICA DE CALOR	BTU/h pie <sup>3</sup>	Kcal/h m <sup>3</sup>	26,000.0	30,441.0	26,436.0	23,241.0
18	DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	pie <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	18.0/32.5/28.0	23.0/21.3/24.2	32.9/18.5/23.0	NO INDICA
19	AREA PROYECTADA	pie <sup>2</sup>	m <sup>2</sup>	3,099.0	2,230.0	2,703.0	1,926.0
<b>TIPOS DE TUBOS/DIAMETRO EXTERNO EN:</b>							
20	PISO	/pulg.	/mm	MEMBRANA / 3.5	MEMBRANA / 3.0	REFRACTARIO	NO INDICA / 3.0
21	TECHO	/pulg.	/mm	MEMBRANA / 2.5	MEMBRANA / 3.0	MEMBRANA / 3.0	NO INDICA / 3.0
22	PARED LATERAL	/pulg.	/mm	MEMBRANA / 2.5	MEMBRANA / 3.0	MEMBRANA / 3.0	NO INDICA / 3.0
23	PARED DIVISORIA	/pulg.	/mm	L1303 / 2.5	NO REQUIERE	MEMBRANA / 3.0	NO INDICA / 3.0
24	PARED OPUESTA	/pulg.	/mm	L1303 / 2.5	MEMBRANA / 3.0	MEMBRANA / 3.0	NO INDICA / 3.0
25	PARED DE QUEMADORES	/pulg.	/mm	MEMBRANA / 2.5	MEMBRANA / 3.0	MEMBRANA / 3.0	NO INDICA / 3.0
<b>ESPESOR DE TUBOS / MATERIAL EN:</b>							
26	PISO	pulg./	mm/	0.185 / SA-192	0.18 / SA-192	NO REQUIERE	0.14 / STA-335
27	TECHO	pulg./	mm/	0.185 / SA-192	0.18 / SA-192	0.165 / SA-192	0.14 / STA-335
28	PARED LATERAL	pulg./	mm/	0.185 / SA-192	0.18 / SA-192	0.165 / SA-192	0.14 / STA-335
29	PARED DIVISORIA	pulg./	mm/	0.185 / SA-192	NO REQUIERE	0.165 / SA-192	0.14 / STA-335
30	PARED OPUESTA	pulg./	mm/	0.185 / SA-192	0.18 / SA-192	0.165 / SA-192	0.14 / STA-335
31	PARED DE QUEMADORES	pulg./	mm/	0.185 / SA-192	0.18 / SA-192	0.165 / SA-192	0.14 / STA-335
32	CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>QUEMADORES</b>							
33	TIPO/NUMERO			COMBUSTOLEO / 4	COMBUSTOLEO / 4	COMBUSTOLEO / 4	COMBUSTOLEO / 4
34	PRESION REQUERIDA DEL COMBUSTIBLE	psig	Kg/cm <sup>2</sup>	190.0	125.0	150.0	184.9
35	CONSUMO TOTAL DE COMBUSTIBLE 100%	MLb/h	MMW/h	15.7	15.7	15.7	15.3
36	EXCESO DE AIRE 100%	%	%	8	15	5	15
37	CONSUMO DE VAPOR DE ATOMIZACION	Lb/Lbc	Kg/Kgc	0.026	0.1	0.15	0.16
38	CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>PILOTOS</b>							
39	TIPO/NUMERO			GAS / 4	GAS / 4	GOS / 4	NO INDICA
40	PRESION REQUERIDA DEL COMBUSTIBLE	psig	Kg/cm <sup>2</sup>	10	30	3	1.4
41	CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)

**PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES**

**EJEMPLO PRACTICO**

MATERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO.      FACULTAD DE QUIMICA.      U. N. A. M.

TABULACION TECNICA DE COTIZACIONES  
DE CALDERAS

DESCRIPCION AREA DE SERVICIOS AUXILIARES HOJA 2 DE 5  
LOCALIZACION CAZAR CARDENAS, MICHA. FECHA 20 - JULIO - 1970

CLAVE 00-001 SERVICIO GENERACION DE VAPOR

FABRICANTES

DESCRIPCION	UNIDADES	BASE	FABRICANTES			
			FABRICANTE A	FABRICANTE B	FABRICANTE C	FABRICANTE D
<b>TUBOS PANTALLA</b>						
42 NUMERO DE TUBOS			60	75	NO REQUIERE	NO REQUIERE
43 DIAMETRO EXTERNO/LONGITUD	pulg/pies mm/m		2.5 / 28.0	2.0 / 2.3		
44 ESPESOR / MATERIAL	pulg/mm		0.125 / SA-192	0.125 / SA-192		
45 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI		
<b>SOBRECALENTADOR</b>						
46 TIPO/NUMERO			FOR FABRICANTE DRENABLE / 1	VENTEABLE / 1	DRENABLE / 1	NO INDICA / 1
47 DIAMETRO EXTERNO/ LONGITUD	pulg / pies mm x m		2.5 / 26.0	2.0 / 11.0	2.0 / 18.3	2.0 / 33.0
48 ESPESOR / MATERIAL	pulg / mm		0.125 / SA-207TIA SA-207TIA	0.125 / SA-207TIA	0.143 / SA-207TIA	0.14 / SA-355
49 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>BANCO GENERADOR</b>						
50 DIMENSIONES LARGO/ANCHO/ALTURA	pies m		7.2 / 16.0 / 28.0	11.0 / 21.0 / 28.0	33.0 / 6.0 / 23.0	34.0 / 4.9 / 26.4
51 DIAMETRO EXTERNO / LONGITUD DE TUBOS	pulg / pies mm / m		2.5 / 28.0	2.5 / 27.0	2.5 / 12.0	2.0 / 26.0
52 ESPESOR / MATERIAL	pulg / mm		0.134 / SA-192	0.125 / SA-192	0.125 / SA-192	0.14 / SA-355
53 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>DOMO SUPERIOR</b>						
55 DIAMETRO INTERIOR/ LONGITUD	pulg / pies mm / m		66 / 20.0	60.0 / 25.3	66.0 / 33.9	53.2 / 34.3
56 ESPESOR / MATERIAL	pulg / mm		0.125 / SA-315-70	3.0 / SA-315-70	3.6 / SA-315-70	2.8 / SA-46
57 MATERIAL DE INTERNOS			FOR FABRICANTE SA-283	SA-283	SA-283	ACERO AL CARBON
58 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>DOMO INFERIOR</b>						
59 DIAMETRO INTERNO/ LONGITUD	pulg / pies mm / m		42.0 / 12.2	36.0 / 24.3	36.0 / 34.2	33.6 / 34.3
60 ESPESOR / MATERIAL	pulg / mm		0.125 / SA-315-70	1.75 / SA-315-70	2.0 / SA-315-70	1.7 / SA-46
61 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>DESOBRECALENTADOR</b>						
62 TIPO			ESPREADO	TUBULAR	ESPREADO	ESPREADO
63 DIAMETRO EXTERNO/ LONGITUD	pulg / pies mm / m		4.0 / 4.0	10.2 / 10.0	12.8 / 15.0	NO INDICA
64 ESPESOR / MATERIAL	pulg / mm		NO INDICA SA-24-WC9	1.1 / SA-335-P12	0.56 / SA-106-B	NO INDICA
65 CUMPLE REQUISITOS			NO (2)	SI	SI	NO (1)
<b>ECONOMIZADOR</b>						
66 POSICION			NO REQUIERE	NO REQUIERE	NO REQUIERE	NO REQUIERE
67 TIPO DE TUBOS/ NUMERO						
68 DIAMETRO / LONGITUD	pulg / pies mm / m					
69 ESPESOR / MATERIAL	pulg / mm					
70 CUMPLE REQUISITOS						
<b>SOPLADORES DE HOLLIN</b>						
71 TIPO/ NUMERO			RETRACTIL / 9	ROT. Y RETRA. / 6	ROT. Y RETRA. / 11	NO INDICA / 4
72 CONSUMO TOTAL DE VAPOR	Lb/h Kg/h		1650.0	1200.0	1365.0	440
73 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)
<b>PRECALENTADOR DE AIRE</b>						
74 TIPO/ NUMERO			REGENERATIVO / 1	REGENERATIVO / 1	REGENERATIVO / 1	REGENERATIVO / 1
75 DIMENSIONES DIAMETRO/ANCHO/ALTURA	pies m		15.3 / 10.5 / 14.0	12.8 / 16.3 / 15.0	NO INDICA / 12.3 / 10.1	12.0 / 12.1 / 14.2
76 CUMPLE REQUISITOS			SI	SI	SI	NO (1)

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

TABULACION TECNICA DE COTIZACIONES DE CALDERAS				DESCRIPCION AREA DE SERVICIOS AUXILIARES		HOJA 3 DE 5		
CLAVE CA-001 SERVICIO GENERACION DE VAPOR				LOCALIZACION LAZARO CADENAS, MICH.		FECHA 30 - JULIO - 1980		
DESCRIPCION				FABRICANTES				
				UNIDADES	BASE	FABRICANTE A	FABRICANTE B	FABRICANTE C
77	ACCIONADOR DEL PREC. DEL AIRE							
78	TIPO/POTENCIA	1/HP	1/KW	<del>PAR FABRICANTE</del>	MOTOR ELECTRICO / 5	MOTOR ELECTRICO / 3	MOTOR ELECTRICO / 2	MOTOR ELECTRICO / 3
79	VELOCIDAD	RPM	RPM	<del>PAR FABRICANTE</del>	1200	1750	1160	1200
80	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO (1)
81	REDUCTOR DE VELOCIDAD			<del>PAR FABRICANTE</del>	ENGRANES / 120:1	NO INDICA / 100:1	NO INDICA / 82.2:1	NO INDICA / 1200:2
82	TIPO/RELACION DE REDUCCION			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO (1)
83	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO
84	MOTOR DE AIRE			<del>PAR FABRICANTE</del>	NEUMATICO	NEUMATICO	DIMANATICO	NO INDICA
85	TIPO			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO
86	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO
87	VENTILADOR			<del>PAR FABRICANTE</del>	FORZADO	FORZADO	FORZADO	FORZADO
88	TIPO DE TIRO			<del>PAR FABRICANTE</del>	FORZADO	FORZADO	FORZADO	FORZADO
89	DIAMETRO	pies	m	<del>PAR FABRICANTE</del>	6.0	3.7	NO INDICA	NO INDICA
90	POTENCIA	HP	KW	<del>PAR FABRICANTE</del>	320	416	462	462
91	PRESION ESTATICA A LA SALIDA	pulg H <sub>2</sub> O	mm H <sub>2</sub> O	<del>PAR FABRICANTE</del>	22.1	24.5	28.1	24.5
92	EFICIENCIA	%	%	<del>PAR FABRICANTE</del>	70.2	75.0	75.0	73.0
93	MATERIAL DE LAS ASPAS			<del>PAR FABRICANTE</del>	ACERO CORTEN	ACERO CORTEN	ACERO CORTEN	ACERO AL CARBON
94	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO (1)
95	ACCIONADORES DEL VENTILADOR			<del>PAR FABRICANTE</del>	MOTOR ELECTRICO / 250	MOTOR ELECTRICO / 416	MOTOR ELECTRICO / 462	NO INDICA
96	TIPO/POTENCIA: 100%	1/HP	1/KW	<del>PAR FABRICANTE</del>	TURBINA / 250	TURBINA / 416	TURBINA / 462	NO INDICA
97	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO
98	CHIMENEA			<del>PAR FABRICANTE</del>	UNA / 7.0	UNA / 5.5	UNA / 6.3	UNA / 6.6
99	NUMERO/DIAMETRO INTERNO	pies	m	<del>PAR FABRICANTE</del>	105 MIN / 3A - 283	105 / 3A - 283	105 / 3A - 36	105 / 3A - 36
100	ALTA/MATERIAL			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO (1)
101	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO (1)
102	DUCTOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
103	DIMENSIONES: LARGO/ANCHO/ALTURA	pies	m	<del>PAR FABRICANTE</del>	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
104	DEL VENTILADOR A LA CAJA DE AIRE			<del>PAR FABRICANTE</del>	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
105	DE LA CALDERA A LA CHIMENEA			<del>PAR FABRICANTE</del>	3A - 283	3A - 283	3A - 283	NO INDICA
106	MATERIAL			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	ACERO AL CARBON
107	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	NO (1)
108	REFRACTARIO			<del>PAR FABRICANTE</del>	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
109	ESPECIFICACION ASTM			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	SI
110	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	SI
111	AISLANTE			<del>PAR FABRICANTE</del>	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA	NO INDICA
112	ESPECIFICACION ASTM			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	SI
113	CUMPLE REQUISITOS			<del>PAR FABRICANTE</del>	SI	SI	SI	SI
114								
115								
116								
117								
118								
119								
120								
121								
122								
123								
124								
125								
126								
127								
128								
129								
130								
131								
132								
133								
134								
135								
136								
137								
138								
139								
140								
141								
142								
143								
144								
145								
146								
147								
148								
149								
150								
151								
152								
153								
154								
155								
156								
157								
158								
159								
160								
161								
162								
163								
164								
165								
166								
167								
168								
169								
170								
171								
172								
173								
174								
175								
176								
177								
178								
179								
180								
181								
182								
183								
184								
185								
186								
187								
188								
189								
190								
191								
192								
193								
194								
195								
196								
197								
198								
199								
200								
201								
202								
203								
204								
205								
206								
207								
208								
209								
210								
211								
212								
213								
214								
215								
216								
217								
218								
219								
220								
221								
222								
223								
224								
225								
226								
227								
228								
229								
230								
231								
232								
233								
234								
235								
236								
237								
238								
239								
240								
241								
242								
243								
244								
245								
246								
247								
248								
249								
250								

PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS CAOTUBULARES

MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO

FACULTAD DE QUIMICA

U. N. A. M.

EVALUACION ECONOMICA  
DE CALDERAS

DESCRIPCION AREA DE SERVICIOS AUXILIARES HOJA 4 DE 5  
LOCALIZACION CARRIZO CALDERAS, MICH. FECHA 30 - JULIO - 1980

CLAVE <u>CA-001</u> SERVICIO <u>GENERACION DE VAPORES</u>		F A B R I C A N T E S			
DESCRIPCION		FABRICANTE A	FABRICANTE B	FABRICANTE C	FABRICANTE D
		I N V E R S I O N I N I C I A L			
1	CALDERA	48,500,000.0	28,000,000.0	38,707,253.0	17,422,230.0
2	AISLANTE	(3)	(3)	(3)	(3)
3	REFRACTARIO	(3)	(3)	(3)	(3)
4	PLATAFORMA Y ESCALERAS	(3)	(3)	(3)	(3)
5	CHIMENEAS	(3)	(3)	(3)	1,962,850.0
6	PRECALENTADOR DE AIRE	(3)	3,193,000.0	(3)	2,631,280.0
7	VENTILADOR	(3)	3,300,000.0	(3)	1,750,650.0
8	SOPLADORES DE HOLLIN	(3)	(3)	(3)	(3)
9	EMPAQUE Y PROTECCION	(3)	(3)	(3)	(3)
10	INSPECCION Y PRUEBA EN EL TALLER	(3)	(3)	(V) 50,000.0	(V) 50,000.0
11	DESOBRECALENTADOR	(3)	(3)	(3)	(3)
12	TABLEROS DE CONTROL	(3)	8,100,000.0	(3)	3,124,750.0
13	INSTRUMENTACION	(3)	(3)	(3)	307,250.0
14	PARTES DE REPUESTO	1,100,000.0	1,500,000.0	932,623.0	381,960.0
15	PARTES DE SERVICIO	720,000.0	(V) 750,000.0	(V) 750,000.0	(V) 750,000.0
16	SUPERVISION PARA ERECCION FLETE Y SEGURO DE:	754,000.0	180,000.0	643,830.0	638,722.0
17	TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	421,650.0	500,000.0	236,000.0	
18	TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO				5,650,886.0
19	FRONTERA O PUERTO MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA			507,000.0	
20	PENALIZACION EN AREA TOTAL			3,038,393.0	8,882,682.0
21	PENALIZACION EN INTEGRACION NACIONAL	1,757,500.0	1,300,290.0	4,162,186.0	4,167,730.0
22	PRECIO TOTAL SIN PENALIZACIONES	51,537,650.0	45,123,000.0	41,476,106.0	34,027,808.0
23	PRECIO TOTAL CON PENALIZACIONES	53,297,150.0	47,223,290.0	43,677,285.0	47,740,220.0
<b>C O S T O S F I J O S A N U A L E S .</b>					
24	MANUTENIMIENTO	1,455,000.0	1,034,790.0	1,161,217.0	1,506,790.0
25	DEPRECIACION	10,854,572.0	9,679,384.0	9,915,563.0	9,765,423.0
26	SUBTOTAL	12,309,572.0	10,654,174.0	11,076,780.0	11,272,213.0
<b>C O S T O S D E O P E R A C I O N A N U A L .</b>					
27	COMBUSTIBLE	20,019,528.0	19,573,209.0	19,573,209.0	(V) 23,843,160.0
28	VAPORES DE ATOMIZACION	53,752.0	127,536.0	281,304.0	(V) 377,760.0
29	GAS DE PILOTOS	(V) 122,648.0	(V) 122,248.0	(V) 122,248.0	(V) 122,248.0
30	VAPORES DE LOS SOPLADORES	24,632.0	17,916.0	11,794.0	(V) 6,569.0
31	ENERGIA ELECTRICA	1,344,702.0	1,610,732.0	1,545,381.0	(V) 2,463,190.0
32	SUBTOTAL	21,663,262.0	21,561,641.0	21,583,936.0	26,862,927.0
<b>C O S T O S T O T A L E S A N U A L E S .</b>					
33	TOTAL	33,962,852.0	32,215,815.0	32,660,716.0	38,135,140.0
<b>V A L O R P R E S E N T E .</b>					
34	A LA FECHA DE TABULACION				
35	A LA FECHA DE ARRANQUE	166,727,021.0	158,150,657.0	160,334,921.0	187,209,216.0
		PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES			
		MA. TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO	FACULTAD DE QUIMICA.	U. N. A. M.	

**TABULACION COMERCIAL DE COTIZACIONES  
DE CALDERAS**

HOJA 5 DE 5  
DESCRIPCION AREA DE SERVICIOS AUXILIARES  
LOCALIZACION LARAZO CALDERAS, MICH. FECHA 30 - JULIO - 1980

CLAVE	DESCRIPCION	UNIDADES	BASE	F A B R I C A N T E S				
				FABRICANTE A	FABRICANTE B	FABRICANTE C	FABRICANTE D	
1	PRECIO DE LA CALDERA	\$ M.N.	<b>GARANTIAS</b>	48,500,000.0	42,593,000.0	38,767,253.0	27,778,261.0	
2	PARTES DE REPUESTO	\$ M.N.		1,100,000.0	1,500,000.0	932,023.0	511,460.0	
3	PARTES DE SERVICIO	\$ M.N.		250,000.0	(4) 250,000.0	(4) 250,000.0	(4) 250,000.0	
4	SUPERVISION PARA ERECCION	\$ M.N.		250,000.0	640,000.0	643,330.0	653,224.0	
5	FLETE Y SEGURO DE:							
6	TALLER MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.		421,650.0	500,000.0	286,000.0		
7	TALLER A FRONTERA O PUERTO MEXICANO	\$ M.N.					5,650,886.0	
8	FRONTERA O PUERTO MEXICANO AL LUGAR DE LA OBRA	\$ M.N.				901,000.0		
9	<b>PRECIO TOTAL</b>	\$ M.N.						
10	COSTOS FIJOS ANUALES	\$ M.N./AÑO			48,287,150.0	47,223,240.0	48,679,285.0	41,511,281.0
11	COSTOS DE OPERACION ANUALES	\$ M.N./AÑO			12,301,592.0	10,654,174.0	11,667,780.0	11,212,218.0
12	COSTOS TOTALES ANUALES	\$ M.N./AÑO			21,688,742.0	21,569,066.0	21,533,936.0	26,862,722.0
13	VALOR PRESENTE TOTAL A LA FECHA DE ARRANQUE	\$ M.N.			33,483,859.0	32,215,815.0	32,600,716.0	35,135,141.0
14	INTEGRACION NACIONAL PARA EQUIPO	%			100, 99, 071.0	123, 150, 627.0	160, 330, 731.0	137, 219, 316.0
15	INTEGRACION NACIONAL PARA PARTES DE REPUESTO	%			70	80	30	0
16	GARANTIAS				50	90	30	0
17	CLAUSULAS DE PENALIZACION				POR EL USUARIO	NO CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
18	TIEMPO DE ENTREGA DE DIBUJOS	SEMANAS			POR EL USUARIO	NO INDICA	CUMPLE	NO INDICA
19	TIEMPO DE ENTREGA DE EQUIPO	SEMANAS			10	8 A 16	10	NO INDICA
20	TERMINOS DE PAGO				POR FABRICANTE	50	33	50
21	VALIDEZ DE LA OFERTA	DIAS			POR EL USUARIO	CUMPLE	CUMPLE	CUMPLE
22	ESCALACION				90	90	90	90
23	PESO DE EMBARQUE	Lb		Kg	PRECIOS FIRMES	PRECIOS FIRMES	PRECIOS FIRMES	PRECIOS FIRMES
24	L. A. B.				305,540.0	270,000.0	959,000.0	215,000.0
25	TIPO DE CAMBIO/FECHA				TRANSACCION ECOMEX	MONTERREY, N.L.	FLORIDA, CANADA	KOBE JAPAN
26					M. N.	M. N.	100 CAN = 4.31 M. N.	1 YEN = 0.1661 M. N.
27								
28								
29								
30	FABRICANTE RECOMENDADO					FABRICANTE B		
<b>RAZONES DE RECOMENDACION</b>				a) LA CALDERA DE ERECCION EN CAMPO TIENE MAYOR VIDA UTIL, MENOR POSIBILIDAD DE FALLO Y MAYOR FLEXIBILIDAD DE OPERACION... b) CUMPLE TECNICAMENTE EN TODOS LOS PUNTOS. c) MENOR INVERSION, CONSIDERANDO LA PROTECCION A FABRICANTES NACIONALES (15%). d) MENORES COSTOS ANUALES Y MENOR VALOR PRESENTE A LA FECHA DE ARRANQUE PARA CALDERAS DE ERECCION EN CAMPO. e) CUMPLE CON GARANTIAS, CLAUSULAS DE PENALIZACION Y TERMINOS DE PAGO... f) TIENE MAYOR PORCENTAJE DE INTEGRACION NACIONAL (80% EN EQUIPO Y 90% EN PARTES DE REPUESTO). g) TIEMPO DE ENTREGA Y ERECCION ADECUADOS. h) SUMINISTRO COMPLETO DE INGENIERIA Y MATERIALES EN LIMITES DE BATERIA DE LA CALDERA, DE ACUERDO A LO SOLICITADO. i) QUE SE INSTALAN UN TOTAL DE SEIS SOPRADORES DE HOLLIN EN EL SOBRECALENTADOR Y CINCO EN EL BANCO GE - NERADORE.				
<b>SUGERENCIAS</b>				NOTAS: (1) NO ES LA CAPACIDAD NECESARIA. (2) NO ES RECOMENDABLE EL MATERIAL PROPUUESTO. (3) EL PRECIO DE LA SECCION ESTA INCLUIDO EN EL DE LA CALDERA. (4) PRECIO PENALIZADO. (5) LOS DATOS QUE SEAN POR FABRICANTE SEAN DATOS DE DISEÑO.				
PROCEDIMIENTO DE EVALUACION TECNICA, ECONOMICA Y COMERCIAL DE CALDERAS ACUOTUBULARES				MA.TERESA PEREZ CARBAJAL Y CAMPUZANO				
				FACULTAD DE QUIMICA				
				U. N. A. M.				

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACION

1. Considerando la inversión inicial de una caldera acuotubular, los costos totales anuales que implica su operación y las repercusiones que tiene una falla del equipo, es necesario contar con un procedimiento que seleccione la mejor alternativa en la fase de adquisición del equipo.
2. Es importante establecer los fundamentos teóricos básicos que gobiernan el comportamiento de una caldera acuotubular tomando en cuenta las principales áreas de la Ingeniería Química que intervienen, como son: termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor.
3. Es fundamental conocer detalladamente los diferentes tipos de calderas acuotubulares existentes en el mercado y las aplicaciones de cada una de ellas con el propósito de seleccionar y especificar adecuadamente el tipo de equipo. El grado de detalle del conocimiento de las calderas implica saber cuáles son las partes que integran la caldera y su función particular.
4. El contar con un procedimiento de adquisición de calderas perfectamente bien delineadas en cada una de sus fases que incluyen la optimización del sistema de generación de vapor, la elaboración del paquete de requisición, la evaluación de las propuestas, la tabulación de cotizaciones y los documentos de compra contribuirá sensiblemente a incrementar la eficiencia tanto en la ejecución del trabajo como en la selección de la mejor alternativa.

5. La evaluación técnica constituye una de las partes medulares en la predicción del comportamiento tanto técnico como mecánico de una caldera acuatubular, por lo que es indispensable en primer lugar exigir a los proveedores que proporcionen el cuestionario técnico con toda la información solicitada en él, ya que es la mínima para poder realizarla, y en segundo lugar llevarla a cabo aplicando los métodos más confiables existentes hasta la fecha.
6. La evaluación económica es la fase más importante en la selección de la mejor propuesta. Mediante esta evaluación se deberán cuantificar las diferencias técnicas en cada alternativa empleando criterios de penalización y bases de comparación adecuados. Es básico aplicar correctamente los conceptos económicos involucrados, tales como costos variables, costos fijos y valor presente con el fin de establecer el patrón de comparación más aceptable.

Entre las aportaciones más importantes de esta tesis sobresale la integración y repercusión de los aspectos técnicos sobre los comerciales eslabonados mediante consideraciones económicas. Es conveniente señalar que la interrelación de los conceptos mencionados es función de los criterios para cuantificar las repercusiones debido a incumplimientos en las propuestas de los proveedores.

Los criterios expuestos para efectuar la penalización deberán ser producto de la experiencia de diversos profesionistas que han laborado en el área de servicios auxiliares. No hay duda que estos criterios puedan ser modificados o --



ampliados, lo cual es uno de los propósitos de este trabajo, ya que la carencia de éstos había constituido una limitación importante para efectuar una evaluación completa.

7. Se puede observar con el ejemplo ilustrativo que la aplicación de este procedimiento nos lleva a seleccionar el equipo que cumpla con todos los requisitos mínimos para garantizar una operación confiable, por lo que se puede recomendar lo siguiente:

FABRICANTE SELECCIONADO: Fabricante B

TIPO DE CALDERA: Erección en Campo

RAZONES DE RECOMENDACION:

- a) La caldera de erección en campo tiene mayor vida útil, menor posibilidad de falla y mayor flexibilidad de operación.
- b) Cumple técnicamente en todos los puntos.
- c) Menor inversión, considerando la protección a fabricantes nacionales (15%).
- d) Menores costos anuales y menor valor presente a la fecha de arranque para calderas de erección en campo.
- e) Cumple con garantías, cláusulas de penalización y términos de pago.

- f) Tiene el mayor porcentaje de integración nacional (80% en equipo y 90% en partes de repuesto).
- g) Tiempo de entrega y erección adecuados.

#### SUGERENCIAS AL USUARIO

Será necesario negociar con el fabricante seleccionado, los siguientes aspectos:

- a) Suministro completo de ingeniería y materiales en límites de batería de la caldera, de acuerdo a lo solicitado.
- b) Que se instalen un total de seis sopladores de hollín en el sobrecalentador y cuatro en el banco generador.

- 8. El procedimiento propuesto en este trabajo para efectuar la evaluación técnica, económica y comercial de las calderas acuatubulares, satisface los requerimientos en el área de ingeniería de procura. No se quiere decir con esto - que sea la mejor manera de hacerlo, sin embargo, constituye una alternativa organizada que permite efectuar una evaluación meticulosa para detectar los incumplimientos tanto técnicos como comerciales de las propuestas de diferentes proveedores.
- 9. Por último, se sugiere el desarrollo de un método de evaluación térmica de la cámara de radiación empleando el procedimiento conocido como "Zonifica-

ción", el cual debe analizarse mediante elementos finitos. El método, por su complejidad y amplitud no fue desarrollado en este trabajo, sin embargo - se considera necesario disponer de esta herramienta de cálculo, ya que permitirá predecir no sólo la distribución de calor en la cámara de radiación, sino también posibles puntos de falla en la tubería debido a esfuerzos térmicos localizados.

## NOMENCLATURA

A	Area de transferencia, $\text{ft}^2$
Aa	Area de flujo del aire, $\text{ft}^2$
Ae	Area expuesta a radiación, $\text{ft}^2$
Af	Area frontal de la sección, $\text{ft}^2$
Ag	Area de flujo de los gases, $\text{ft}^2$
A.P.C.	Alto poder calorífico del combustible, BTU/lb
Ar	Area de refractario en el hogar, $\text{ft}^2$
Av	Area de flujo del vapor, $\text{ft}^2$
Aw	Fracción de área de calor radiante
a	Ancho de la sección, ft
B.P.C	Bajo poder calorífico, BTU/lb
Cp	Capacidad calorífica, BTU/lb
Cl	Claro entre tubos, pulg.
DE	Diámetro externo, pulg.
DI	Diámetro interno, pulg.
DTML	Diferencia de temperatura media logarítmica, °F
Ea	Exceso de aire, %
Eg	Emisividad de los gases
e	Espaciamiento entre tubos, pulg.
F	Factor de forma
Fa	Factor de arreglo

Fd	Factor de profundidad
Ft	Factor de temperatura
Ga	Masa velocidad del aire, lb/h ft <sup>2</sup>
Gg	Masa velocidad de los gases, lb/h ft <sup>2</sup>
H	Número de hileras de tubos en la sección
h	Calor transferido por libra de agua en el economizador, BTU/lb
haa	Entalpia del agua de alimentación a la temperatura de entrada, BTU/lb
hdv	Entalpia del agua a la presión del domo de vapor, BTU/lb
hi	Coefficiente interno, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
hio	Coefficiente externo, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
hvs	Entalpia del vapor saturado a la presión del domo de vapor, BTU/lb
hvsc	Entalpia del vapor sobrecalentado a su temperatura y presión, BTU/lb
h2	Entalpia del agua a la salida del economizador, BTU/lb
KRe	Factor de corrección del número de Reynolds
k	Factor de radiación
Lt	Longitud de tubos, ft
l	Longitud promedio del haz, ft
Nt	Número de tubos por hilera
P	Grupo temperatura, °F
p	Presión parcial de los gases, atm
Q	Calor requerido, BTU/h
Q'	Calor transferido, BTU/h

Ql	Calor liberado por el combustible, BTU/h
Qt	Carga térmica de la caldera, BTU/h
Qr/SF	Flux de calor en el hogar, BTU/h ft <sup>2</sup>
qa/Ql	Fracción de calor que entra con el aire
qc/Ql	Fracción de calor que entra con el combustible
qg/Ql	Fracción de calor que se llevan los gases de combustión
R	Grupo temperatura
Rac	Relación aire- combustible
Re	Número de Reynolds
S	Area proyectada efectiva, ft <sup>2</sup>
s	Factor de corrección para temperatura
T	Temperatura de salida de los gases, °F
Ta	Temperatura del agua a la salida del economizador, °F
Taa	Temperatura del agua a la entrada del economizador, °F
Tf	Temperatura de película, °F
T'f	Temperatura de película para el aire, °F
T's	Temperatura de pared, °F
Tv	Temperatura del vapor, °F
T <sub>1</sub>	Temperatura del aire a la entrada del precalentador de aire, °F
T <sub>2</sub>	Temperatura del aire a la salida del precalentador de aire, °F
t	Temperatura calculada de los gases a la salida, °F
tb	Temperatura promedio del vapor, °F
tc	Temperatura del combustible, °F

tr	Temperatura de referencia, °F
U	Coeficiente global de transferencia de calor, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
U'cc	Coeficiente base de convección y conducción para gases en flujo cruzado, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Ucg	Coeficiente de convección para gases, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
U'cl	Coeficiente base de convección y conducción para vapor en flujo longitudinal, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Ucs	Coeficiente de convección para vapor sobrecalentado, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
U'r	Coeficiente base de radiación, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
Urg	Coeficiente de radiación para gases, BTU/h ft <sup>2</sup> °F
	Factor de absorción
	Eficiencia basada en el alto poder calorífico, % A.P.C.
	Eficiencia basada en el bajo poder calorífico, % B.P.C.

Subíndices:

b	Banco generador
e	Economizador
pa	Pre calentador de aire
rc	Cámara de radiación
sc	Sobrecalentador
tp	Tubos pantalla
vs	Vapor saturado
vsc	Vapor sobrecalentado

A	Depreciación, \$/año
Ai	Monto de los pagos, \$/período
AC	Area calculada, ft <sup>2</sup>
AR	Area reportada por el fabricante, ft <sup>2</sup>
C	Costo de combustible, \$/año
CA	Penalización en área, \$
CFA	Costos fijos anuales, \$/año
CIN	Penalización por falta de integración nacional, \$
COA	Costos de operación anual, \$/año
CTA	Costos totales anuales, \$/año
EE	Costo de energía eléctrica, \$/año
Fa	Factor de costo en función de la sección de la caldera
GP	Costo de gas de pilotos, \$/año
INE	Integración nacional en equipo
INP	Integración nacional en partes de repuesto
i	Interés
M	Mantenimiento, \$/año
m	Días a partir de la fecha de recepción de la cotización
n	Número de períodos
P	Precio de todas las partes de la caldera dividida entre el área total reportada por el fabricante, \$/ft <sup>2</sup>
PC	Precio de la caldera, \$
PTCC	Precio de la caldera con penalización, \$



PPR Precio de las partes de repuesto, \$  
VA Costo de vapor de sopladores, \$/año  
VP Valor presente, \$  
VS Costo de vapor para atomización, \$/año

## BIBLIOGRAFIA

1. Alvarez Trevit, J. A.  
Análisis y Diseño de Calentadores a Fuego Directo  
Tesis Profesional, U. N. A. M.,  
México, 1977.
2. American Society of Mechanical Engineers  
ASME Boiler and Pressure Vessel Code
3. Caldera Compacta Tipo VP  
Publicación de Cerrey, S. A.
4. Comisión Federal de Electricidad  
Evolución del Sector Eléctrico en México  
México, 1977
5. Design of Large Package Boilers in Light of Operation Experience  
Publicación de Combustion Engineering, Inc.
6. Elonka M. S. & Kohan L. A.  
Standard Boiler Operators Questions and Answers  
Mc Graw Hill Book Co., New York, 1969
7. Integral Furnace Boilers  
Publicación de Deutsch Babcock
8. Kern, D. Q.  
Procesos de Transferencia de Calor  
1a. Edición en Español  
CECSA, México, 1974
9. Japanese Industrial Standard  
JIS, Construction of Steel Boiler for Land Use

10. Marks, L. S.  
Mechanical Engineers Handbook  
John Wiley & Sons, New York
11. Modular Design VU-60 Boilers  
Publicación de Combustion Engineering, Inc.
12. Ortíz Ramírez, J. A., y Ortega López, J. F.  
Diseño, Operación y Mantenimiento de Calderas de Alta Presión Mitsubishi  
Curso a Petróleos Mexicanos,  
Instituto Mexicano del Petróleo, Marzo, 1978
13. Ortíz Ramírez, J. A., y Ortega López, J. F.  
Diseño, Operación y Mantenimiento de Calderas Babcock & Wilcox  
Curso a Petróleos Mexicanos,  
Instituto Mexicano del Petróleo, Septiembre, 1978
14. Packaged Steam Generators  
Publicación de The Foster Wheeler Corp.
15. Packaged Water Tube Boilers  
Publicación de Takuma Co., LTD.
16. Perry, H. R. & Chilton, H. C.  
Handbook for Chemical Engineer  
5<sup>th</sup> Edition, Secc. 10 y 25  
Mc Graw Hill Book Co., Japan, 1973
17. Potter, J. P.  
Power Plant Theory and Design  
Second Edition  
The Ronald Press Company, New York, 1959
18. Schweppe, J. L. & Torrijos, C. Q.  
How to Rate Finned-tube convection section in Fired Reactors  
Hydrocarbon Processing and Petroleum Refiner, V. 43. No. 6,  
p. 159 a 166, Jun. 1964

19. Shield, D. C.  
Calderas. Tipos, Características y sus Funciones  
Segunda Impresión en Español  
CECSA, México, 1970
20. The Babcock & Wilcox Company  
Steam, Its Generation and Use  
Thirty-eighth Edition  
USA, 1972
21. Thuesen, H. G., Fabrycky, W. J. & Thuesen, G. J.  
Economía del Proyecto en Ingeniería  
Impresión  
Prentice Hall Internacional, España, 1979
22. Torres Lugo, J. y Sobrevilla Calvo, J.  
Generadores de Vapor: Evaluación Térmica y Selección  
Tesis Profesional, U. N. A. M., 1978
23. Type A, Shop Assambled Boilers  
Publicación de Combustion Engineering, Inc.
24. Vivas Arroyo R.  
Transferencia de Calor  
Curso de Diseño Térmico de Cambiadores de Calor y Condensadores de Superficie  
Instituto Mexicano del Petróleo, 1980
25. Wimpress, R. N.  
Rating Fired Heaters  
Hidrocarbon Processing and Petroleum Refiner, V. 42, No. 10,  
p. 115 a 126, Oct. 1963